



HANDBUCH

Faserverbundwerkstoffe

HANDBOOK

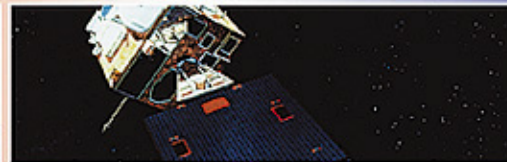
Composite Materials

Fahrzeugbau
Vehicle construction



Wind
Wind

Luftsport
Aeronautics



Raumfahrt
Astronautics

Sportgerätebau
Sportequipment construction



INHALTSVERZEICHNIS

TABLE OF CONTENTS

	GRUNDLAGEN EPOXYDCHARZE, ARBEITSANLEITUNGEN <i>GENERAL INFO EPOXY RESINS, APPLICATIONS PROCEDURES</i>	1
	EPOXYDCHARZE, KLEBSTOFFE <i>EPOXY RESINS, GLUES</i>	2
	POLYESTERHARZE <i>POLYESTER RESINS</i>	3
	POLYURETHANE <i>POLYURETHANE</i>	4
	LAMINIERKERAMIK <i>LAMINATING CERAMIC</i>	5
	ELASTOMERE <i>ELASTOMERS</i>	6
	TRENNMITTEL, LÖSE- UND REINIGUNGSMITTEL <i>RELEASE AGENTS, SOLVENT AND CLEANING AGENTS</i>	7
	GLAS-, ARAMID- UND KOHLENSTOFF-FASERN <i>GLASS, ARAMID AND CARBON FIBRES</i>	8
	STÜTZSTOFFE, HALBZEUGE <i>SANDWICH MATERIALS, SEMI-FINISHED PRODUCTS</i>	9
	GFK-WERKZEUGE, HILFSMITTEL <i>GRP TOOLS, AIDS</i>	10
	VAKUUMTECHNIK <i>VACUUM TECHNOLOGY</i>	11
	ANHANG <i>APPENDIX</i>	12

KAPITEL 1

CHAPTER 1

1

GRUNDLAGEN EPOXYDCHARZE, ARBEITSANLEITUNGEN

GENERAL INFO EPOXY RESINS, APPLICATION PROCEDURES

INHALT

CONTENTS

S. 1.02	Kunststoffe eine Übersicht	<i>S. 1.02 Plastics an overview</i>
S. 1.04	Kleine Kunststoffgeschichte	<i>S. 1.04 A brief history of plastics</i>
S. 1.05	Fachtermini, häufig verwendete Begriffe und Abkürzungen	<i>S. 1.05 Technical terms frequently used terms and abbreviations</i>
S. 1.06	Warum Faserverbundwerkstoffe?	<i>S. 1.06 Why fibre composites?</i>
S. 1.07	Was sind Faserverbundwerkstoffe?	<i>S. 1.07 What are fibre composites?</i>
S. 1.08	Konstruieren mit Faserverbundwerkstoffen	<i>S. 1.08 Designing with fibre composites</i>
S. 1.09	Kennwerte von Duroplasten	<i>S. 1.09 Characteristics of duroplastics</i>
S. 1.10	Faserverbundwerkstoffe	<i>S. 1.10 Fibre composites</i>
S. 1.10	Das Funktionsprinzip	<i>S. 1.10 The Principle</i>
S. 1.13	Einsatzbereiche von FVW	<i>S. 1.13 Range of FC Applications</i>
S. 1.14	Bauteilkonstruktionen, Aussagen über das Auslegen von Composite-Bauteilen	<i>S. 1.14 Component designs general statements on the design of composite-components</i>
S. 1.20	Laminatberechnung	<i>S. 1.20 Laminate calculations</i>
S. 1.26	Gestalten von Werkstücken aus FVK-Grundregeln nach VDI-Richtlinien	<i>S. 1.26 Designing workpieces of FC fundamental rules under the VDI guidelines</i>
S. 1.30	Verklebungen	<i>S. 1.30 Glued bonds</i>
S. 1.36	Gebräuchliche Fertigungsverfahren	<i>S. 1.36 Customary manufacturing methods</i>
S. 1.37	Handlaminiere	<i>S. 1.37 Hand lay-up</i>
S. 1.39	Vakuumpressen	<i>S. 1.39 Vacuum press moulding</i>
S. 1.40	Autoklav-Verfahren	<i>S. 1.40 Autoclave moulding</i>
S. 1.41	Injektionsverfahren	<i>S. 1.41 Injection moulding</i>
S. 1.42	Wickeln	<i>S. 1.42 Winding</i>
S. 1.43	Preßverfahren	<i>S. 1.43 Press moulding</i>
S. 1.45	Nachbearbeitung von FVW	<i>S. 1.45 Finishing FCS</i>
S. 1.46	Technisch aufwendige Verfahren	<i>S. 1.46 Complex technologies</i>
S. 1.48	Epoxydharze, eine Übersicht der Eigenschaften und Anwendungen	<i>S. 1.48 Epoxy resins, an overview of properties and applications</i>
S. 1.60	Das Tempern, Epoxydharze und Temperatur	<i>S. 1.60 Annealing epoxy resins and temperature</i>
S. 1.64	Vom richtigen, sicheren Umgang mit der Chemie	<i>S. 1.64 On handling chemicals properly and safely</i>
S. 1.68	Arbeitsschutz Epoxydharze	<i>S. 1.68 Industrial safety with epoxy resins</i>
S. 1.70	Arbeitshygiene im Umgang mit Epoxyd- und Polyesterharzen	<i>S. 1.70 Industrial hygiene in handling epoxy and polyester resins</i>
S. 1.71	Arbeitsvorbereitung, Hinweise zum Umgang mit Gefahrenstoffen	<i>S. 1.71 Preparing for work some notes on handling hazardous substances</i>
S. 1.72	Gefahrenhinweise und Sicherheitsratschläge	<i>S. 1.72 Danger notices and safety advices</i>
S. 1.74	Überschlägiges Dimensionieren mit Faserverbundwerkstoffen	<i>S. 1.74 Rough dimensioning with fibre composites</i>
S. 1.80	Der Formenbau	<i>S. 1.80 Mould Construction</i>
S. 1.82	Formenbau mit GFK	<i>S. 1.82 Mould Construction mit GRP</i>
S. 1.82	Herstellung einer Kunststoffform	<i>S. 1.82 Manufacture of plastic mould</i>
S. 1.93	Herstellung von FVW-Teilen in Formen	<i>S. 1.93 Manufacturing FC parts in moulds</i>
S. 1.98	Betonbeschichtungen, Fundamentverguß	<i>S. 1.98 Concrete coatings, sealing compounds for foundation</i>

Jahrtausendlang waren natürliche Werkstoffe Grundlage menschlicher Existenz. Kleidung, Werkzeuge und Gebrauchsgegenstände wurden aus Leder, Metall, Stein, Ton und anderen Naturstoffen hergestellt.

Werkstoffe wie Porzellan, Glas und Metall-Legierungen wurden meist mehr oder weniger zufällig entdeckt.

Die Verknappung und Verteuerung wichtiger Rohstoffe löste zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine intensive Suche nach synthetischen (künstlich hergestellten) Ersatzwerkstoffen aus. Grundlegend veränderte technische Anforderungen der schnell wachsenden Industrie konnten mit Naturstoffen allein nicht mehr erfüllt werden.

Aus natürlichen Rohstoffen wie Kohle, Steinkohlenteer, Erdöl und Erdgas wurden im Laufe der Zeit unzählige Verbindungen, darunter zahlreiche Kunststoffe, synthetisiert.

¹⁾Das Ziel, **verschiedenartige Materialien** zu einem **Werkstoffverbund** zu kombinieren, um verbesserte Eigenschaften und Synergieeffekte zu erzielen, ist in der Natur Gang und Gebe. Der Schnitt durch eine Paracortex-Zelle von Merinowolle und der Querschliff eines unidirektionalen kohlenstoffaser-verstärkten Epoxydharzes (Cf-EP) zeigen ähnliche Strukturen wie der Querschnitt von Cf-EP und der Längsschnitt eines Bambusstabes. Nicht nur bei der Mikrostruktur kann die Natur als Vorläufer für Faserverbund-Kunststoffe angesehen werden, sondern auch bei der Anwendung von Prinzipien des Leichtbaus.

Werkstofftechnische Gründe für die Verwendung von Fasern als Werkstoffelemente ergeben sich aus den vier Paradoxen der Werkstoffe:

1. Paradoxon des festen Werkstoffes

Die wirkliche Festigkeit eines festen Stoffes ist sehr viel niedriger als die theoretisch berechnete (F. Zwicky).

2. Paradoxon der Faserform

Ein Werkstoff in Faserform hat eine vielfach größere Festigkeit als das gleiche Material in anderer Form und je dünner die Faser, umso größer ist die Festigkeit (A. A. Griffith).

3. Paradoxon der Einspannlänge

Je kleiner die Einspannlänge, umso größer ist die gemessene Festigkeit einer Probe/Faser.

4. Paradoxon der Verbundwerkstoffes

Ein Verbundwerkstoff kann als Ganzes Spannungen aufnehmen, die die schwächere Komponente zerbrechen würde, während von der stärkeren Komponente im Verbund ein höherer Anteil seiner theoretischen Festigkeit übernommen werden kann, als wenn sie alleine belastet würde (G. Slayter).

¹⁾ (nach Ehrenstein: Faserverbundkunststoffe, Hanser-Verlag)

For thousands of years natural materials had formed the basis of human existence: clothing, tools, and articles of consumption, all were made from leather, metal, stone, clay, or other substances obtained directly from nature.

In contrast, most of the manmade materials such as porcelain, glass, and metal alloys were discovered more or less by accident.

At the beginning of the twentieth century, dwindling deposits of important resources and their escalating prices triggered off an intensive search for synthetic, or manmade, substitute materials. The demand from the fast-growing industries was increasing in line with fundamental technical changes and could no longer be satisfied with natural materials alone.

In time, countless compounds, including a high number of plastics, were synthesised from naturally occurring raw materials such as coal, coal tar, crude oil, and natural gas.

¹⁾*The object behind combining **different materials** to form a **composite** with enhanced properties and synergetic effects is par for the course in nature. A section through a paracortical cell in merino wool or through a bamboo stem exhibits structures similar to the micrograph of a unidirectional carbon-fibre-reinforced epoxy resin (CF-EP). Not only in the microstructure can nature be seen as the progenitor of fibre-reinforced plastics, but also in the application of lightweight design principles.*

Why material scientists integrate fibres in materials to such advantage can be answered by the following four paradoxes of engineering materials.

1. The paradox of the solid material

The actual strength of a solid material is very much lower than the calculated theoretical value (F Zwicky).

2. The paradox of the fibre form

The strength of a material in fibre form is many times higher than that of the same material in another form, and the thinner the fibre, the greater the strength (A A Griffith).

3. The paradox of the free clamped length


The shorter the length between the clamps, the greater the strength measured on the test piece (fibre).

4. The paradox of composites

When taken as a whole, a composite can withstand stresses that would fracture the weaker component, whereas the composite's stronger component can exhibit a greater percentage of its theoretical strength than when loaded singly (G. Slayter).

¹⁾ (Data based on Ehrenstein's Faserverbundkunststoffe available from Hanser Verlag)



<p>1907 Patent zur Herstellung von Phenolharzen ("Bakelit") an L. H. Baekland</p>		<p><i>L.H. Baekland was granted a patent for the manufacture of phenolic resins (Bakelite)</i></p>
<p>1916 Patent über die Herstellung eines vollständig aus faserverstärkten Kunststoffen bestehenden Flugzeugs an R.Kemp</p>		<p><i>R. Kemp was granted a patent for the manufacture of an aircraft made completely of fibre-reinforced plastics</i></p>
<p>1935 Beginn der großtechnischen Herstellung von Glasfasern bei der Owens-Corning Fiberglass Corporation (USA)</p>		<p><i>The US Owens-Corning Fiberglass Corporation was the first to manufacture glass fibres on a large scale</i></p>
<p>1938 Patent zur Herstellung von Epoxydharzen (P. Castan)</p>		<p><i>P. Castan was granted a patent for the manufacture of epoxy resins</i></p>
<p>1942 Erste Bauteile aus ungesättigtem Polyesterharz (UP)/Glasfaser für Flugzeuge, Boote und Autos <i>The first components made of glass-fibre-reinforced unsaturated polyester resin (UP) for aircraft, boats, and cars</i></p>		
<p>1943 Erste Sandwichbauteile für Flugzeuge aus Polyesterharz/Glasfasern und Balsaholz als Stützstoff <i>The first sandwich components for aircraft of glass-fibre-reinforced polyester resin on a bed of balsa wood</i></p>		
<p>1944 Entwicklung und erfolgreiche Flugerprobung eines Flugzeugrumpfes, der in einer GFK/Sandwichbauweise hergestellt wurde <i>Development and successful test flight of a fuselage made from a GRP sandwich construction</i></p>		
<p>1945 Produktion von Wabenkernen (Honeycombs), eines leichten und druckfesten Kernmaterials für Sandwichkonstruktionen (L.S. Meyer) <i>L.S. Meyer began production on honeycombs, a lightweight and compression-resistant core material for sandwich constructions</i></p>		
<p>1945 Entwicklung des Faserwickelverfahrens (G. Lubin und W. Greenberg) <i>G. Lubin and W. Greenberg developed the filament winding method</i></p>		
<p>1951 Erstes Pultrusionspatent (Strangziehverfahren zur Herstellung von Profilen) Patentierung von Allylsilan-Glasschichten, den Vorläufern der heutigen Silan-Haftvermittler (R. Steinmann) <i>The first patent granted for pultrusion, a method for manufacturing profiles, whereby the moulding compound is pulled through a die. R. Steinmann was granted a patent for allyl silane glass sizing agents, the predecessors of today's silane coupling agents</i></p>		
<p>1953 Produktionsbeginn von GF-UP (Glasfaser/Polyesterharz) -Außenteilen im Automobilbau (Chevrolet Corvette) Entwicklung der ersten GFK-Segelflugzeuge in Deutschland <i>Chevrolet started production on GF-UP (glass-fibre-reinforced unsaturated polyester resin) for the exterior parts of its Corvette model The first GRP gliders developed in Germany</i></p>		
<p>1959 Produktionsbeginn von Kohlenstofffasern bei der Union-Carbide (USA) <i>The US corporation Union Carbide started production on carbon fibres</i></p>		
<p>1967 Flugerprobung des ersten, fast vollständig aus GFK hergestellten Flugzeuges (Windecker Research Inc.) <i>Windecker Research Inc. conducted a test flight on the first aircraft made almost completely of GRP</i></p>		
<p>1971 Produktionsbeginn von Aramidfasern (DuPont) unter dem Markennamen "Kevlar®" <i>DuPont started production on aramid fibres under the brand name Kevlar®</i></p>		

(nach Ehrenstein: Faserverbundkunststoffe, Hanser-Verlag)

(Data based on Ehrenstein's Faserverbundkunststoffe available from Hanser-Verlag)

FVW	Faserverbundwerkstoff besteht aus (Harz)-Matrix und Verstärkungsfasern	FC	Fibre composite made up of a (resin) matrix and reinforcing fibres
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff	GRP	Glass-fibre-reinforced plastic
CFK	Carbonfaserverstärkter Kunststoff (Kohlefaserkunststoff)	CRP	Carbon-fibre-reinforced plastic
SFK	Synthesefaserverstärkter Kunststoff (Aramid)	SRP	Synthetic-fibre-reinforced plastic (aramid)
Matrix	Einbettungsmaterial für Verstärkungsfasern (meist Duroplaste, z.B. Epoxydharz) Funktion der Matrix: -formt das Bauteil -leitet und überträgt auftretende Kräfte auf die Fasern -schützt die Fasern	matrix	<i>The material that surrounds the reinforcing fibres (mostly thermosets such as epoxy resin), its purpose is to:</i> - give shape to the component - direct and transfer applied forces to the fibres - protect the fibres
Laminat	(von lat. <i>lamina</i> = die Schicht) Ein Laminat ist ein flächiges Produkt, das aus einem Verbund von Harz und Faser besteht, unabhängig von seiner Form und dem Fertigungszustand (feuchtes Laminat, ausgehärtetes Laminat).	laminate	<i>(from Latin lamina = plate, sheet)</i> A laminate is a flat compound of resin and fibre, irrespective of its shape and stage of manufacture (wet or cured laminate)
uni-direktional	Bedeutet "nur in eine Richtung". Die Verstärkungsfasern verlaufen nur in eine Richtung.	uni-directional	<i>This is used to describe reinforcing fibres that are aligned in the one direction only</i>
bi-direktional	Hier verlaufen die Fasern in zwei Richtungen, meist im Winkel von 0°/90°.	bi-directional	<i>This is used to describe reinforcing fibres that are aligned in two directions, usually at an angle of 90° to each other</i>
multi-direktional	Faserverlauf in min. 3 Richtungen, meist 0°/90° und ± 45°	multi-directional	<i>This is used to describe reinforcing fibres that are aligned in at least three directions, usually 0°, ±45°, and 90°.</i>
Anisotropie	Unterschiedliche Werkstoffeigenschaften in verschiedene Richtungen, bei FVW abhängig vom Faserverlauf (in Faserichtung hohe Festigkeiten, quer dazu geringe). Isotrope Werkstoffe sind z.B. Metalle mit gleichen Eigenschaften in jede Richtung.	anisotropy	<i>Different material properties in different directions, in the case of FCs these properties are defined by the fibres' alignment: high strengths along the fibres, low strengths traverse to them. Isotropic materials are, for examples, metals, which exhibit the same properties in every direction.</i>

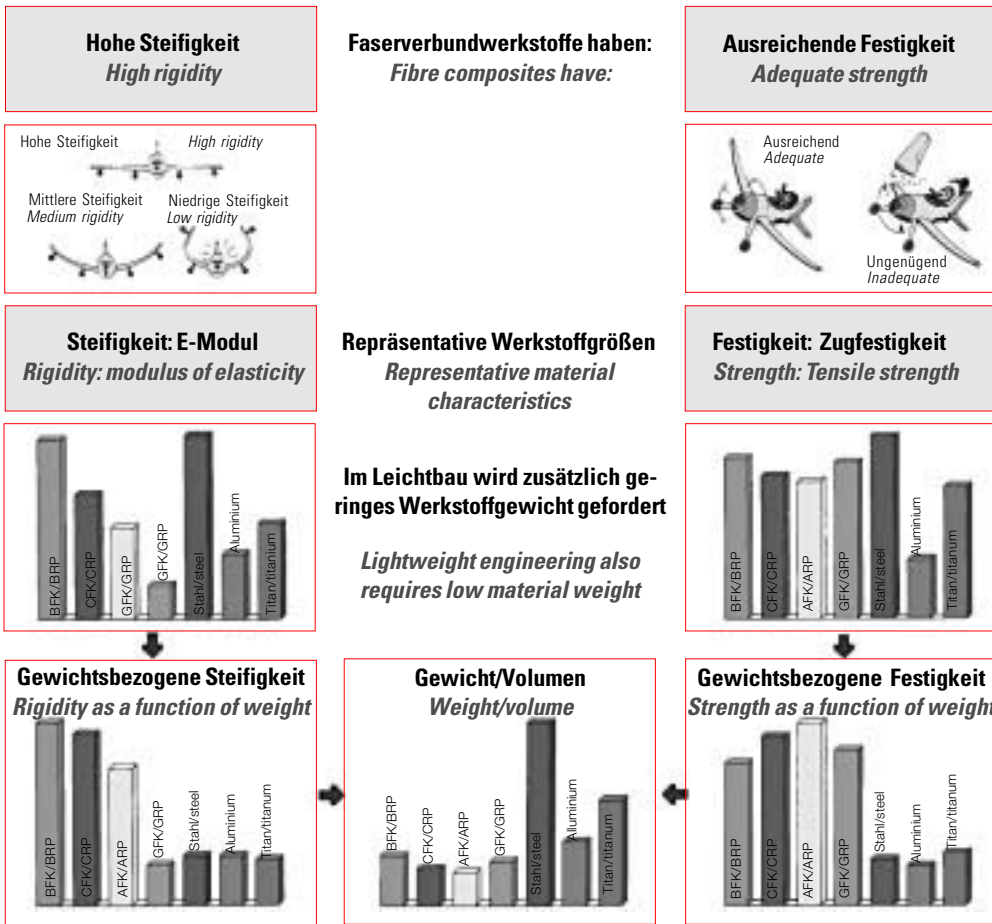
Weitere Fachtermini sind im Anhang am Ende des Handbuches erklärt.

Other technical terms are explained in the annex to this handbook.



Foto Bakelite

WARUM FASERVERBUNDWERKSTOFFE? WHY FIBRE COMPOSITES?



Günstige Werkstoffkennwerte und werkstoffgerechte Konstruktion ermöglichen:
Good material characteristics and a suitable design are the key to:



Leichtbauweisen *Lightweight structures*

Weitere Werkstoffvorteile	Other material advantages
<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Wärmeausdehnung • Korrosionsbeständigkeit • Stufenweises Versagen • Hohe Schwingfestigkeit • Günstiges Schlagverhalten 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Low thermal expansion</i> • <i>Corrosion resistance</i> • <i>Gradual failure</i> • <i>High dynamic strength</i> • <i>Good impact behaviour</i>
Kostengünstige Bauweisen	Low-priced designs
<ul style="list-style-type: none"> • Weniger Einzelteile • Geringer Materialabfall • Gute Formbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Fewer components</i> • <i>Low material waste</i> • <i>Good mouldability</i>

(nach/date based on DLR Stuttgart)

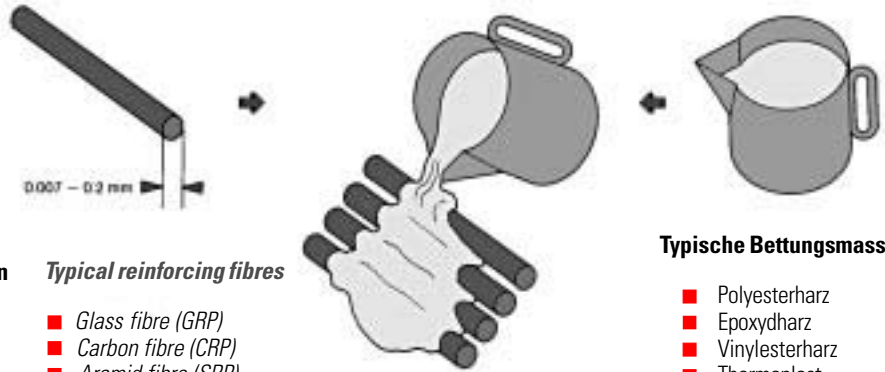


Ausgangsmaterial
Starting material

Faser
Fibres

Laminat (Einbetten)
Laminate (for embedding)

Bettungsmasse (Matrix)
Matrix



Typische Verstärk.fasern

Typical reinforcing fibres

- Glasfaser (GFK)
- Kohlenstofffaser (CFK)
- Aramidfaser (SFK)

- Glass fibre (GRP)
- Carbon fibre (CRP)
- Aramid fibre (SRP)

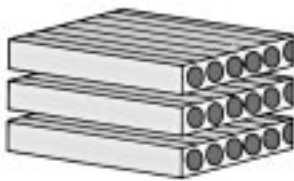
Typische Bettungsmassen

Typical matrices

- Polyesterharz
- Epoxydharz
- Vinylesterharz
- Thermoplast

- Polyester resin
- Epoxy resin
- Vinyl ester resin
- Thermoplastic

Laminat einzelschicht
Laminate ply



Schichten
Layers



Pressen, Aushärten
Pressing, curing



Unidirektionales Laminat
Unidirectional laminate

Multidirektionales Laminat
Multidirectional laminate

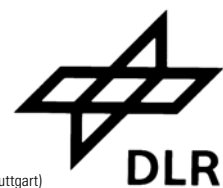
- Hochbelastbar in Faserrichtung
- Aufbau zur gewünschten Gesamtdicke

- *High-strength properties in the direction of the fibres*
- *Any number of layers up to the required thickness*

- Belastbar in mehreren Richtungen
- Aufbau zur gewünschten Gesamtdicke

- *High-strength properties in several directions*
- *Any number of layers up to the required thickness*

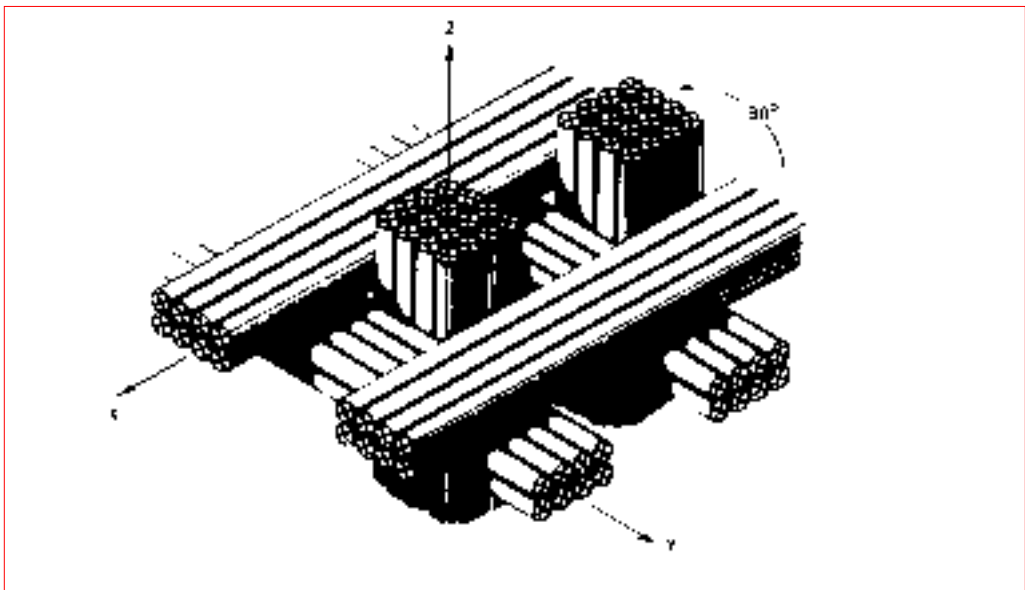
Faserverbundwerkstoff
Fibre composite



(nach/data based on DLR Stuttgart)

Faserverbundwerkstoffe sind anders als Metalle
The differences between fibre composites and metals

- Richtungsabhängige Eigenschaften
 - Werkstoffendzustand wird erst im Bauteil erreicht
 - Vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten durch Variation von:
 - Faser- und Matrixwerkstoff
 - Faserrichtung
 - Lagenanzahl
- *Anisotropic properties*
 - *Material reaches its final state when the component is finished*
 - *Wide-ranging design potential with varying:*
 - *Fibre and matrix materials*
 - *Fibre orientation*
 - *Number of plies*



(nach/data based on DLR Stuttgart)



Regeln für die Bauteilgestaltung
Rules for designing components

- Fasern in Richtung der angreifenden Lasten
 - Möglichst symmetrischer Lagenaufbau
 - Großflächige Krafteinleitungen
- *Fibres aligned in the direction of the applied loads*
 - *Maximum possible symmetry of the plies*
 - *Forces applied over large areas*



Werkstoff Material	Dichte Density	Bruchdehnung Elongation at break	Lieferform Delivered state	Verarbeitungstemperatur Processing temperature	Gebrauchstemperatur der Bauteile Service temperature of components
UP ungesättigte Polyesterharze UP unsaturated polyester resins	1,12 - 1,25g/cm ³	> 3 %	flüssig liquid	Raumtemperatur bis 180°C Room temperature to 180°C	50 - 160 °C
EP Epoxydharze EP Epoxy resin	1,1 - 1,25g/cm ³	6 - 8 %	flüssig liquid	Raumtemperatur bis 230°C Room temperature to 230°C	45 - 230 °C

Die **Bruchdehnung** von Laminierharzen sollte vorzugsweise gleich oder größer der Bruchdehnung der Verstärkungsfasern sein, damit im Belastungsfall kein Bauteilversagen durch Brüche und Risse im Harz eintritt.

The **elongation at break** for laminate resins must always be equal to or greater than that for the reinforcing fibres. Otherwise, fractures and cracks caused by the loads in the resin will lead to component failure.

Verarbeitungstemperatur

Der höchste Wert beschreibt die maximal erforderliche Temperatur bei der Warmhärtung. Diese Warmhärtung ist nur bei einigen Temperharzen mit entsprechend hoher Temperaturbelastbarkeit erforderlich. Die überwiegend angebotenen kalthärtenden Harze erreichen bei Raumtemperatur nahezu ihre volle Festigkeit. Die Gebrauchstemperatur der Bauteile liegt meist bei 50-80 °C.

Processing temperature

The higher value is the maximum temperature needed for hot curing. Only a small number of annealing resins with the correspondingly high thermal resistance are hot curers. Predominant on the market are the cold-curing resins, which solidify almost completely at room temperature. In most cases, the service temperatures for these components range from 50 to 80 °C.

Werkstoff Material	Verarbeitungsschwindung Shrinkage during processing	Nachschwindung Post-shrinkage	Reaktionswärme Reaction heat	Lagerfähigkeit Shelf life
UP ungesättigte Polyesterharze UP unsaturated polyester resins	-10, linear um 2 % - 10, linearly = 2 %	bis 3 % max 3 %	exotheme Reaktion mit teilweise hoher Wärmeentwicklung (besonders beim Vergießen zu berücksichtigen, Härter entsprechend auswählen).	dunkel, kühl, gut verschlossen bis 6 Monate up to 6 months in a dark, cool, well-sealed environment
EP Epoxydharze EP Epoxy resin	1 - 3 %	< 1 %	exothermal reaction, sometimes with high heat development (particularly important for potting, so choose an appropriate hardener)	dunkel, kühl, gut verschlossen 12 Monate up to 12 months in a dark, well-sealed environment

Verarbeitungsschwindung

Der Schwund erfolgt bei **Epoxydharzen** in der flüssigen Phase, also hauptsächlich innerhalb der Verarbeitungszeit.

Shrinkage during processing

Epoxy resins undergo shrinkage in the liquid phase, in other words primarily during the processing time.

Die **Nachschwindung** ist bei unverstärkten Harzmassen am größten. Verstärkungen, z.B. durch Glasgewebeeinlagen, verringern das Schwundmaß erheblich. Beim **Tempern** (Nachhärten bei erhöhter Temperatur) ist ebenfalls eine leichte Nachschwindung zu erwarten, da sich noch reaktionsfähige Harz- und Härtermoleküle verbinden und somit enger zusammentreten.

Post-shrinkage is greatest with unreinforced resin compounds. The degree of shrinkage is reduced considerably by reinforcements, for example in the form of embedded glass fabric. **Annealing** (post-curing at higher temperatures) also gives rise to slight post-shrinkage because there are still reactive resin and hardener molecules that bond and so move closer together.

Werkstoff Material	Beständig gegen (Auswahl) Resistant to (examples)	Nicht beständig gegen (Auswahl) Not resistant to (examples)	Brennbarkeit Combustibility	Reparatur Repair
UP ungesättigte Polyesterharze UP unsaturated polyester resins	Wasser, wäßrige Lösungen, Heizöl, Benzin Water, aqueous solutions, fuel oil, petrol	heißes Wasser, konzentrierte Säuren und Laugen, Benzol, Alkohol, Toluol hot water, concentrated acids and alkalis, benzene, alcohol, toluene	nicht selbstverlöschend not self-extinguishing	auflaminieren und kleben a layer is glued over the top
EP Epoxydharze EP Epoxy resin	Alkohol, Benzin, Benzol, Mineralöle, Fette Petrol, benzene, mineral oil, greases	heißes Wasser, Ester, konzentrierte Säuren und Laugen, Ketone, Aceton hot water, ester, concentrated acids and alkalis, ketones, acetone	schwer entzündbar, brennt weiter difficult to ignite, continues burning	

Werkstoff Material	Zugfestigkeit MPa Tensile strength MPa	Zugmodul GPa Tensile modulus GPa	Biegefestigkeit MPa Flexural strength MPa	Biegemodul GPa Flexural modulus GPa
UP ungesättigte Polyesterharze UP unsaturated polyester resins	50 - 70	3,5 - 4,7	60 - 120	4,0 - 5,0
EP Epoxydharze EP Epoxy resin	70 - 90	2,8 - 3,6	140 - 160	4,5 - 6,0

Verschiedenartige Materialien zu einem Werkstoffverbund zu kombinieren, um **verbesserte Eigenschaften** zu erzielen, ist in der Natur ein ebenso selbstverständliches Prinzip, wie der Leichtbau.

Diese, der Natur abgeschaut Bauweise hat viele technische Bereiche geradezu revolutioniert. Erstmals stehen hochfeste und dabei leichte Werkstoffe mit überragenden Eigenschaften zur Verfügung.

Insbesondere in der Luft- und Raumfahrt werden durch niedrige Strukturgewichte wesentliche Energieeinsparungen und Leistungssteigerungen erzielt.

Der Einsatz von Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen in der Raumfahrt ist vor allem wirtschaftlich begründet. Wegen der hohen Energiekosten ist man bereit, in diesem Bereich bis zu Euro 25.000 pro kg Gewichtersparnis aufzuwenden. Bei der Luftfahrtindustrie sind dieses 250 - 750 Euro/kg, in der Fahrzeugindustrie 0 - 2,50 Euro/kg (ausgenommen im Rennsport).

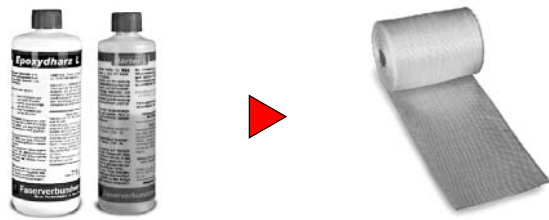
Da FVV im allgemeinen teurer sind als Kompaktwerkstoffe (z.B. Metalle) und höhere Anforderungen an die Auslegung und die Verarbeitungstechnologie gestellt werden, ist dieser Anreiz für den normalen Fahrzeugbau relativ gering, während er in der Luft- und Raumfahrt deutlich zum Tragen kommt.

Mit sinkendem Preis und zunehmendem, allgemein zugänglichem Know-How für die Verarbeitung haben sich FVV auf breiter Ebene durchgesetzt. Kaum noch wegzudenken sind sie im Motorsport, Modell- und Sportgerätebau. Anwendungen im Maschinenbau sind im Vormarsch.

DAS FUNKTIONSPRINZIP

Ein Faserverbundwerkstoff (FVV) wird durch Zusammenfügen mehrerer Werkstoffe hergestellt:

- 1.) der formgebenden **Matrix** (z.B. Epoxyd- oder Polyesterharz)
- 2.) den verstärkenden, hochfesten **Fasern** (meist Glas-, Aramid- und Kohlenstoff)



FVV sind im Prinzip vergleichbar mit Stahlbeton, bei dem ein spröder, formgebender Werkstoff (Beton) durch Stahleinlagen verstärkt wird.

Die Fasern werden in eine flüssige Reaktionsharzmasse eingebettet und beim Härten des Harzes in dem so entstehenden festen Formstoff verankert. Auch kompliziert gestaltete und sehr große Teile können in einem Arbeitsgang mit verhältnismäßig geringem Aufwand hergestellt werden.

Die Wahl des Verarbeitungsverfahrens richtet sich nach der Stückzahl und der Größe der herzustellenden Teile sowie nach den Anforderungen in bezug auf mechanische Festigkeit und sonstige Eigenschaften, wie z.B. Transparenz, Beschaffenheit der Oberfläche, Maßhaltigkeit usw.

Generell gilt: Der Faserverbundwerkstoff entsteht erst durch das Zusammenfügen von Harz und Fasern, d.h.

der Verarbeiter stellt ihn selbst her.

Für die Eigenschaften des Endprodukts sind daher ein sorgfältiges Verarbeiten und Aushärten neben der Bauteilauslegung (Faserorientierung, Faseranteil, Lagenzahl und Gewebe) zwangsläufig von entscheidender Bedeutung.

1.10

*The principle of combining different materials to form a composite with **enhanced properties** is just as common in nature as it is in lightweight engineering.*

This design method based on nature's example has virtually revolutionised many fields of technology, with the result that they can now utilise the superior properties of high-tensile, lightweight materials for the first time.

In particular the aerospace industries benefit from these low structural weights, which contribute considerably towards cutting energy requirements and enhancing performance.

The reasons behind the use of high-performance fibre composites in space travel are primarily financial ones. In view of the high costs for energy, the space agencies are willing to spend up to 25,000 euros for every kilogram saved. For the aeronautics industry this is 250 to 750 euros per kg, in the automobile industry 0 to 2.50 euros per kg (except in racing).

FCs, however, are generally more expensive than compact materials (such as metals) and place greater demands on the design and processing technologies. As a consequence, the attraction of these materials for normal automotive engineering is relatively low, whereas its benefits for aerospace technologies are obvious.

Now that prices are falling and the processing know-how is becoming generally accessible, FCs have asserted themselves over a wide field. Who today can imagine motor sports, model construction, or the design of sports equipment without them?

And applications in machine construction are also gaining ground.

THE PRINCIPLE

A fibre composite (FC) is the result when the following materials are combined:

- 1.) the **matrix** (e.g. epoxy or polyester resin), which gives shape to the final component, and
- 2.) the reinforcing, high-tensile **fibres** (mostly of glass, aramid, or carbon).



Herstellen eines Handlaminats mittels Schaumstoffwalze
A hand lay-up laminate being made with a foam roller

In principle, FCs can be likened to reinforced concrete sections, whose final shape is defined by a brittle material (concrete) reinforced with embedded steel.

The fibres are embedded in a liquid compound of reactive resin. When this resin hardens in a mould, the fibres are anchored in place. Also complex or very large part designs can be manufactured in a single working cycle at relatively low costs.

Which manufacturing method to use depends on the number and size of the parts for manufacturing as well as the requirements placed on mechanical strength and other properties, such as transparency, surface quality, dimensional stability, etc.

The general rule is that a fibre composite first comes into being when resin and fibres are combined, i.e.

the processor alone manufactures it.

So of crucial importance for the properties of the end product is not only the component's design (fibre orientation, proportion of fibres, number of plies, and fabric), but also painstakingly conducted processing and curing.

Festigkeit

Die Festigkeit eines FVW wird wesentlich durch die Verstärkungsfaser bestimmt.

Prinzip 1: Ein Werkstoff in **Faserform** hat eine vielfach größere Festigkeit als das gleiche Material in anderer Form. Zudem gilt: je dünner die Faser, umso größer ist die Festigkeit. (A.A. Griffith)

Prinzip 2: Ein **Verbundwerkstoff** kann als Ganzes Spannungen aufnehmen, die die schwächere Komponente zerbrechen würden, während von der stärkeren Komponente im Verbund ein höherer Anteil seiner theoretischen Festigkeit übernommen werden kann, als wenn sie alleine belastet würde. (G. Slayter) Bei der Betrachtung der Festigkeiten unterscheidet man zwischen statischer und dynamischer Festigkeit.

Die **statische Festigkeit** bezieht sich auf einfache Belastungsfälle (Zug, Druck, Biegung etc.) während die **dynamische Festigkeit** das Verhalten bei häufig wechselnder Belastung (Biegewechsel mit wechselnder Kraft und Frequenz, entsprechend kombiniert auftretende Zug-, Druck- und Schubkräfte) bestimmt. Vor allem dort, wo häufige Biegewechsel auftreten, ist eine gute dynamische Festigkeit erforderlich (z.B. Holmkonstruktionen im Flugzeugbau).

Epoxydharze zeigen selbst bei mehreren zehntausend Lastwechseln den geringsten Festigkeitsabfall und damit die größte dynamische Festigkeit.

Matrix (Harz-Einbettung)

Das Reaktionsharz als Bindemittel (Matrix) hat die Aufgabe, die Fasern zu stützen und die auf das Formteil einwirkenden Kräfte auf sie zu verteilen. Dies macht eine gute Haftung des Harzes auf den Fasern notwendig.

Das Reaktionsharz bestimmt im wesentlichen folgende Eigenschaften: Chemikalienfestigkeit, Alterungsbeständigkeit, Kratzfestigkeit, elektrische Eigenschaften sowie den Schwund beim Härten.

Dichte, Wärmeleitfähigkeit, Wärmedehnung und spezifische Wärme hängen ab vom Mengenverhältnis der Komponenten Reaktionsharz, Reaktionsmittel, Fasern und Füllstoffe.

Fasern

Die mechanischen Eigenschaften der Formstoffe, z.B. Zug-, Biegefestigkeit und Schlagzähigkeit sowie die Fähigkeit zur Arbeitsaufnahme, sind hauptsächlich durch die Eigenschaften der Fasern bedingt. Sie können durch Wahl der Fasererzeugnisse, den Fasergehalt und die Orientierung der Fasern beeinflusst werden.

Härten

Die Eigenschaften des gehärteten Reaktionsharzformstoffes und damit des Formteiles hängen nicht nur vom Ausgangsmaterial ab, sondern auch in hohem Maße von der Führung des Härtingsprozesses. Kenntnisse über die Vorgänge beim Härten des Reaktionsharzes sind daher für den Verarbeiter unerlässlich. Beim Härten, d.h. beim Übergang der flüssigen Reaktionsharzmassen in dreidimensional vernetzte Produkte, wird zwischen drei Reaktionsarten unterschieden:

Polymerisation (z.B. ungesättigte Polyesterharze)

Unter dem Einfluß von Reaktionsmitteln, z.B. Peroxiden und Beschleunigern, reagieren die Doppelbindungen der Ausgangskomponenten unter Freiwerden von Reaktionswärme miteinander; es entstehen durch Vernetzen der Moleküle der Ausgangskomponenten hochmolekulare Substanzen.

Liegen mehrere Ausgangskomponenten vor, wie z.B. ungesättigte Polyester und Styrol bei UP-Harzen, so spricht man von Mischpolymerisation.

Die Polymerisationsreaktion benötigt nach dem Zugeben der Reaktionsmittel eine gewisse Anlaufzeit. Anschließend geht die Reaktionsharzmasse ohne Freiwerden flüchtiger Produkte verhältnismäßig schnell unter Erwärmung und raschem Ansteigen der Viskosität in den festen Zustand über. Der einmal eingeleitete Härtingvorgang kann nicht mehr unterbrochen werden und ist irreversibel.

Strength

The strength of an FC is essentially defined by the reinforcing fibre.

Principle 1: *The strength of a material in fibre form is many times greater than that of the same material in another form. Also, the thinner the fibre, the greater the strength. (A.A. Griffith)*

Principle 2: *When taken as a whole, a composite can withstand stresses that would fracture the weaker component, whereas the composite's stronger component can exhibit a greater percentage of its theoretical strength than when loaded singly (G. Slayter)*

A material's strength properties can be divided into static and dynamic.

Static strength *is a measure of the material's behaviour under simple (static) loading conditions (tension, compression, bending), whereas dynamic strength is a measure of the material's behaviour under frequently changing load conditions (bending cycles of varying strengths and frequencies and the resulting combination of tensile, compressive, and shear stresses).*

A good dynamic strength is above all needed when the component is subjected to frequent bending cycles (e.g. strut designs in aircraft construction).

Even after several tens of thousands of load cycles, epoxy resins suffer only the slightest losses in strength – and so have the greatest dynamic strength.

Matrix

This is a reactive resin that acts as a binder, supporting the fibres and transferring to them the forces acting on the moulded part. So one important property of the resin is that it must adhere well to the fibres.

Essentially, the reactive resin defines the following properties: chemical resistance, ageing resistance, scratch resistance, electrical properties, and shrinkage during curing.

Density, thermal conductivity, thermal expansion, and specific heat are all affected by the respective proportions of reactive resin, solidifying agents, fibres, and fillers.

Fibres

The mechanical properties of moulded materials, e.g. tensile and flexural strength, impact strength, and ability to absorb energy, are defined primarily by the properties of the fibres. Other influencing factors are the fibre structures, fibre content, and fibre orientation.

Curing

The properties of the cured and moulded reactive resin, and therefore of the moulded part itself, are defined not only by the starting material, but also to a great extent by how the curing process is controlled. Knowledge of the processes involved in the curing of reactive resin is therefore crucial.

Curing, i.e. when liquid compounds of reactive resin solidify into three-dimensionally cross-linked products, can take place as one of three reaction types.

Polymerisation (e.g. unsaturated polyester resins)

Under the effects of reactive agents, e.g. peroxides and accelerators, the double bonds of the starting components react with each another, releasing heat in the process. The molecules of the starting components cross-link to yield macromolecular structures.

When there are several starting components, such as unsaturated polyesters and styrene for UP resins, then this process is called copolymerisation.

The polymerisation reactions do not take place until a certain time after the reactive agents have been added. Then, the compound of reactive resin solidifies relatively quickly with increasing viscosity and heat generation, but without releasing volatile products. Once the curing process has started, it can no longer be stopped and is irreversible.

Polyaddition
(z.B. Epoxyd-Harze)

Im Gegensatz zur Polymerisationsreaktion werden hier dem Reaktionsharz wesentlich größere Mengen an Reaktionsmitteln zugegeben, und zwar in stöchiometrischen Mengen. Die Eigenschaften des Endproduktes hängen daher sowohl vom eingesetzten Reaktionsharz als auch vom Reaktionsmittel ab. Der Übergang vom flüssigen in den festen Zustand vollzieht sich bei der Polyaddition im allgemeinen langsamer und gleichmäßiger als bei der Polymerisation. Bei der Reaktion wird Wärme frei.

Polykondensation
(z.B. Phenolformaldehyd-Harze)

Im Gegensatz zur Polymerisation und Polyaddition reagieren hier die Ausgangskomponenten unter Abspalten von Nebenprodukten, z.B. Wasser. Die Reaktion kann stufenweise durchgeführt werden. Im allgemeinen werden vorkondensierte Harze verarbeitet, zu deren Härtung meist nur noch Wärme notwendig ist.

Bruchdehnung

Bei einer Zugbeanspruchung darf das Harz nicht vor der Faser brechen, da es sonst durch Risse zu einem Versagen des gesamten Bauteils kommt. Die Bruchdehnung der Harze sollte daher vorzugsweise größer sein, als die der üblichen Verstärkungsfasern.

Harz/Faser-Haftung

Die Güte eines Verbundwerkstoffes hängt vor allem auch von der Haftung des Harzes auf den Verstärkungsfasern ab. Je besser diese Haftung, umso höher ist die Festigkeit.

Um dies zu erreichen, werden **Glasgewebe** mit Haftvermittlern (Silanen, verschiedenen Finishes) behandelt, damit eine möglichst feste (chemische) Verbindung mit dem Harz entsteht.

Eine Ausnahme bilden **Aramidfasern** (Kevlar®, Twaron®) und Polyethylengarne (Dyneema®), für die kein chemischer Haftvermittler verfügbar ist.

Kohlenstofffasern werden mit einer Epoxydharzschlichte versehen.

Polyaddition
(e.g. epoxy resins)

In contrast to the polymerisation reaction, essentially larger quantities of reactive agents are added here to the reactive resin, with the additional difference that these quantities are stoichiometric.

So the properties of the end product are influenced by both the reactive resin used and the reactive agent. In polyaddition, the transition from the liquid to the solid state generally takes place more slowly and uniformly than in polymerisation. The reactions release heat.

Polycondensation
(e.g. phenol-formaldehyde resins)

In contrast to polymerisation and polyaddition, the starting components release by-products, e.g. water, when they react.

This reaction can be controlled in a step-by-step process. In general, precondensed resins are used that in most cases can be cured under the application of heat.

Elongation at break

When subjected to tensile stress, the resin must not break before the fibres. Otherwise, cracking in the resin will cause the whole component to fail. The resin's elongation at break should therefore always be greater than the reinforcing fibres'.

Adhesion between resin and fibres

The quality of a composite is also defined to a great extent by the resin's adhesion to the reinforcing fibres. The stronger this adhesion is, the greater the strength.

*One solution involves treating **glass fabrics** with coupling agents (silanes, various finishes) to give rise to the strongest possible (chemical) bonding to the resin.*

*The exceptions are **aramid fibres** (Kevlar®, Twaron®) and polyethylene yarns (Dyneema®) for which there are no chemical coupling agents available.*

***Carbon fibres** are coated with epoxy resin.*



Handlaminat
Tränken eines Kohle/Aramid-Gewebes mit Epoxydharz für einen Segelflugzeugrumpf.

Hand lay-up laminate
Carbon-aramid fabric being impregnated with epoxy resin for a glider's fuselage.



Handlaminat
Verkleben von Tragflächenrippen auf einen Holm aus GFK (Flugzeugbau-Workshop der Aero-Luftfahrtmesse, Friedrichshafen)

Hand lay-up laminate
Ribs being glued to a wing spar of GRP (workshop for aircraft construction, Friedrichshafen aerospace exhibition).

(Nach VDI-Richtlinie 2010 und Ehrenstein, Faserverbundkunststoffe, Hanser-Verlag)

(Data based on VDI guideline 2010 and Ehrenstein's Faserverbundkunststoffe, Hanser-Verlag)

Einsatzbereich
Application fields

Anwendungsbeispiele
Example applications

Besondere Eigenschaften
Particular properties



Raumfahrt *Astronautics*

Antennenkomponenten, Satellitenstrukturen, Druckbehälter, Parabolspiegel, Hohlleiter, Gestelle für optische Geräte und Meßapparaturen.

Aerial components, satellite structures, pressure vessels, parabolic reflectors, wave guides, frames for optical and measuring instrumentation

Geringes Gewicht, Wärmedehnung durch ausgewählte Verstärkung bis Null einstellbar.

Low weight, carefully selected reinforcing material for near-zero thermal expansion



Luftfahrt *Aeronautics*

Komplette Rumpfe, Holmkonstruktionen und Tragflächenleitwerke (z.B. im Motor- und Segelflugzeugbau, Ultraleichtflugzeuge), Sekundärstrukturen (Fußboden und Wandverkleidungen) sowie Teile der Primärstruktur (Leitwerk) bei Verkehrsflugzeugen (Airbus), Hubschrauberzellen, Rotorblätter, Propeller, Tanks.

Complete fuselages, spar structures for wings and tail units (e.g. in powered aircraft and glider construction, microlights), secondary structures (floors and wall cladding), and parts of the primary structure (tail unit) for passenger planes (airbus), helicopter bodies, rotor blades, propellers, tanks

Geringes Gewicht, ausgezeichnete statische und dynamische Festigkeit, sehr gute Ermüdungsbeständigkeit, integrierte Bauweise, Einsparung bei der Montage aufgrund weniger Bauteile, korrosionsbeständig.

Low weight, superior static and dynamic strength, excellent fatigue strength, integrated design, fewer components for lower assembly costs, corrosion-resistant



Sport-und Freizeit *Sports and recreation*

Modellbau, Boots- und Surfbrettbau, Skier, Schläger aller Art, Angelruten.

Model construction, boat building, surfboard design, skis, all kinds of clubs, bats, and rackets, fishing rods

Geringes Gewicht, kostengünstige Fertigung, gute Anpassungsmöglichkeit an schnelle Produkte.

Low weight, low-cost manufacture, good adaptability to fast-moving products



Fahrzeugbau/Verkehrstechnik
Automotive/traffic engineering

Großflächige Karosserieteile, Kardanwellen, Blatt- und Spiralfedern, Drehstäbe, Stoßfänger, Chassisrahmen, Versteifungselemente, Zwischenwände und Verkleidungen bei Eisenbahnwaggons, LKW-Aufbauten.

Large-area body parts, cardan shafts, leaf and coil springs, torsion bars, bumpers, chassis frames, stiffeners, partitions and panelling for railway wagons, truck bodywork

Kraftstoffeinsparung durch besonders niedriges Gewicht, gute Dämpfungseigenschaften, korrosionsbeständig.

Particularly low weight for lower fuel consumption, good energy absorption properties, corrosion-resistant



Energietechnik *Power engineering*

Flügel von Windenergieanlagen, Windkanalgebläse, Gasleitssysteme.

Rotor blades for wind turbines, wind tunnel blowers, gas ducting

Dynamisch hoch belastbar, lange Lebensdauer, korrosionsbeständig.

High dynamic load properties, long service life, corrosion-resistant



Maschinen- und Anlagenbau
Machine and plant construction

Schnell bewegte Teile in Verpackungs-, Druck-, Strick- und Webmaschinen, Behälter, Rohrleitungssysteme, Rührwerke, Pumpenelemente- und Gehäuse.

Fast-moving parts in packaging machines, printing presses, knitting machines, and power looms, vessels, pipework systems, agitators, pump elements and housings

Geringe Massenträgheit, hohe Schwingfestigkeit, Wartungsarmut, sehr gute chemische Beständigkeit, einfache, anforderungsgerechte Gestaltung.

Low inertia, high dynamic strength, low maintenance, high chemical resistance, simple design meeting with all requirements



Medizintechnik *Medical engineering*

Arm- und Beinprothesen, Orthesen, Implantate, medizinische Geräte (z.B. Liegen für Röntgenapparate).

Artificial arms and legs, orthopaedic devices, implants, medical equipment (e.g. examination tables for X-ray apparatuses)

Geringes Gewicht, gute Körperverträglichkeit.

Low weight, good physiological tolerance



Jörg Willing
 Labor Advanced Materials
 Akzo, Wuppertal
 Focus

Die Entwicklung der Hochleistungsfasern führt zu völlig neuen Möglichkeiten bei der Konstruktion und Auslegung von Bauteilen. Durch den gezielten Einsatz von Verstärkungen, d.h. das Ausrichten der Verstärkungsfasern in Belastungsrichtung, ist es möglich, ein optimal an die Belastung angepaßtes Bauteil mit minimalem Materialaufwand zu konstruieren. Nicht nur für die Luft- und Raumfahrt sind diese Gewichtseinsparungen interessant, sondern auch im konventionellen Maschinenbau. Durch Gewichtseinsparungen kann z.B. auf zusätzliche Lagerungen, größere Antriebsaggregate oder kostspielige Bahnführungselemente verzichtet werden. Durch das geringere Masseträgheitsmoment sind wesentlich höhere Dreh- und Taktzahlen möglich. Insgesamt haben die sogenannten „Neuen Werkstoffe“ gegenüber den konventionellen Materialien viele Vorteile.

The development of high-performance fibres opens up completely new possibilities in the design and structure of components. The targeted application of reinforcing measures, i.e. orienting the reinforcing fibres along the direction of loading, has made it possible to adapt a component design optimally to the load conditions with the minimum of material expenditure. These savings in weight are of interest not only to the aerospace travel sectors, but also to conventional machine construction. With these savings in weight, for example, the designer can do away with extra bearings, more cumbersome drive units, and costly path guide elements. And owing to the low moment of inertia, essentially higher rotational speeds and cycle times are possible. All in all, these so-called new materials offer a lot of advantages over the conventional ones.

Bei Faserverbundwerkstoffen handelt es sich, im Gegensatz zu den konventionellen Werkstoffen, um **anisotrope Materialien**. Der Verbund besteht aus Fasern, die in eine sie umgebende Matrix (Harze oder Thermoplaste) eingebettet sind. Während die Faser die Verstärkungskomponente in dem entstehenden Werkstoff übernimmt, dient die Matrix dazu:

*In contrast to conventional materials, fibre composites are **anisotropic**. The composite is made up of fibres that are embedded in an all-surrounding resin or thermoplastic, the so-called matrix. Whereas the fibres take over the job of reinforcing the resulting material, the purpose of the matrix is:*

- Die Fasern räumlich zu fixieren
- Die Kräfte auf die Fasern zu übertragen
- Die Fasern bei Druckbeanspruchung zu stützen
- Die Fasern vor der Einwirkung von Umgebungsmedien zu schützen.

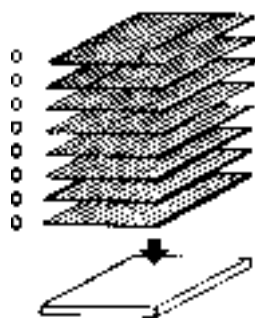
- To fix the fibres in place
- To transfer applied forces to the fibres
- To support the fibres under compressive loading
- To protect the fibres from the effects of ambient media.

Durch das Ausrichten der Fasern in den Beanspruchungsrichtungen ist es möglich, den Werkstoff genau an seine speziellen Anforderungen (Lastfälle) anzupassen. Gerade durch diese Adaption wird es dem Konstrukteur ermöglicht, das Bauteil optimal zu dimensionieren und die maximale Gewichtseinsparung zu erzielen.

Orienting the fibres in the various directions of loading serves to adapt the material precisely to the specific requirements placed on it (loading conditions). And it is exactly this adaptation that enables the designer to dimension the component optimally and to achieve the maximum savings in weight.

Die **Anisotropie** der Faserverbundwerkstoffe erfordert von den Konstrukteuren ein Umdenken gegenüber dem Umgang mit den **konventionellen isotropen Werkstoffen**. Das gezielte Verstärken der Bauteile mit Fasern führt zu **richtungsabhängigen** mechanischen Kennwerten des Bauteils. Bei den Faserverbundwerkstoffen wird nicht nur das Bauteil, sondern auch das Laminat konstruiert.

*In face of the **anisotropic** properties of fibre composites, designers are forced to take a different approach from that in handling **conventional isotropic materials**. The targeted reinforcement of components with fibres gives rise to a series of mechanical characteristics **that differ when measured along different directions** in the component. In the case of fibre composites, the design applies not only to the component itself, but also to the laminate.*



Unidirectionales Laminat
 Unidirectional laminate



Multidirectionales (quasiisotropes) Laminat
 Multidirectional (quasi-isotropic) laminate

Um dies bei der Konstruktion zu beachten und die sich aus diesen Möglichkeiten ergebenden Vorteile richtig zu nutzen, ist es notwendig, dem Konstrukteur Auslegungshinweise und Berechnungsmethoden an die Hand zu geben. Nachfolgend sind einige Schritte aufgeführt, die bei der Auslegung von Faserverbundteilen beachtet bzw. durchgeführt werden müssen. Die Reihenfolge, in der dies geschieht, richtet sich nicht zuletzt nach den Wünschen der Auftraggeber und den existierenden Anforderungen und Restriktionen.

Before these factors can be taken up adequately in the design, and the associated advantages properly utilised, the designer must first be given the design criteria and the appropriate methods of calculation. The following presents a list of steps that must be included in the design phase for fibre composite components. The order in which these steps are taken does not finally depend on the customer's wishes or the existing requirements and restrictions.

1.14

Belastungen, Restriktionen, Anforderungskatalog

Bevor über Konstruktion und Auslegung nachgedacht wird, müssen die wirklichen Anforderungen ermittelt werden. Oft wird von einem Bauteil aus konventionellen Werkstoffen ausgegangen und eine 1:1 Substitution gewünscht, bzw. werden dieselben mechanischen Kennwerte des bisherigen Bauteils verlangt. Dies führt nicht zu optimalen Lösungen. Um das Faserverbundbauteil optimal zu konstruieren, müssen die realen Belastungen und Restriktionen bekannt sein. Die Erstellung eines Anforderungskataloges kann hierbei sehr hilfreich sein.

Konstruktion/Herstellungsverfahren

Schon vor der eigentlichen Konstruktion muß das Verfahren, das man zur Herstellung des Bauteils verwenden will, bekannt sein. Jedes Herstellungsverfahren hat seine Eigen- und Besonderheiten, die bei der Konstruktion berücksichtigt werden müssen. Die Seriengröße ist ein zusätzliches Auswahlkriterium. Abhängig vom Herstellungsverfahren sind auch einige mechanische Kennwerte, d.h. daß nicht mit jedem Verfahren jede gewünschte Bauteileigenschaft erreicht werden kann.

Gestaltungsregeln, die man bei der Auslegung betrachten sollte, ergeben sich aus den Richtlinien beim Umgang mit dem verwendeten Material und ähneln denen bei der Konstruktion von reinen Kunststoffbauteilen. Einige beachtenswerte Regeln lauten:

- Geringe Wandstärken anstreben
- Masseanhäufungen vermeiden
- Zulässige Radien für Fasern betrachten
- Hinterschneidungen vermeiden
- Entformungsschrägen vorsehen
- Werkstoffgerechte Verbindungen vorsehen
- Erreichbare mechanische Eigenschaften beachten
- Fasergerecht konstruieren

Dimensionierung des Bauteils

Die **Auslegung** von Bauteilen erfolgt größtenteils durch die Berücksichtigung von zulässigen Verformungen, Dehnungen bzw. Auslenkungen. Bei der Auslegung von Composite-Bauteilen sollte sicherheitshalber so dimensioniert werden, daß neben den geforderten maximalen Verformungen die einzelnen Laminatschichten die zulässigen bzw. kritischen Dehnungen nicht überschreiten, d.h. es wird gegen ein rißfreies Laminat dimensioniert.

Erste **Mikroschädigungen** (Crazings) in einzelnen Schichten des Laminates führen zu weiterer Rißausbreitung und erlauben z.B. Medien in das Laminat einzudringen und es zu schädigen. Dies führt zu einer kürzeren Lebensdauer des Bauteils und ist somit unerwünscht. Das Bauteil wird bei Überschreitung der kritischen Dehnung in einer Schicht nicht schlagartig versagen, jedoch wird die Lebensdauer herabgesetzt.

Im Gegensatz dazu kann auch **festigkeitsorientiert** dimensioniert werden. Dann richtet sich die Berechnung danach, ob das Bauteil bei maximaler Beanspruchung versagt oder nicht. Das Versagen einzelner Schichten kann dabei erlaubt sein, solange nicht das ganze Bauteil zerstört wird.

Loading conditions, restrictions, catalogue of requirements

Before any preliminary work on the design and structure, the actual requirements must first be determined. As is often the case, the designer takes a component of conventional materials as the basis and aims for a one-to-one substitution, or the customer wants the same mechanical characteristics as the former component. This approach does not promote optimal solutions. Before the fibre composite component can be given the optimal design, the actual loading conditions and restrictions must first be known. Creating a catalogue of requirements can prove very helpful here.

Design/manufacturing method

Before the actual design phase, the most suitable method for manufacturing the component must first be determined. Every manufacturing method has its attributes and salient features that the designer must take into consideration. The size of the series is an additional selection criterion. Furthermore, a number of mechanical characteristics also depend on the manufacturing method, i.e. not all of the desired component properties can be obtained with all methods.

*The **design rules** that must be observed follow from the guidelines for handling the used materials and are similar to those for the design of pure plastic components. Some of the more important rules:*

- Minimise wall thicknesses
- Avoid concentrated masses
- Note the permitted radii for fibres
- Avoid undercuts
- Provide drafts
- Provide joins suitable for the materials used
- Note the obtainable mechanical properties
- Create a design suitable for the fibres

Dimensioning the component

*The component's **dimensions** are based for the most part on considerations to the permitted deformation, elongation, and deflection. As a measure for ensuring the reliability of composite components, their dimensions should be such that in addition to the specified maximum deformations no one of the laminate plies can exceed the permitted or critical elongation, i.e. the dimensions ensure a laminate free of cracks.*

*The undesirable alternative is that initial **crazing** can form in the laminate plies, which promotes crack propagation and allows, for example, media to penetrate and damage the laminate, shortening the component's service life in the process. This is also true when a ply exceeds the critical elongation, although the component itself does not fail at once.*

*In contrast to the above, the dimensions can be **based on the component's strength**. In this case, the calculations are based on the component's tendency to fail or not under maximum loading. Single plies can be allowed to fail, as long as the component itself does not break.*

Konstruiert wird der Werkstoff, vor allem im Großflugzeugbau, aus unidirektional- und/oder gewebeverstärkten Prepregs. Der Lagenaufbau, Anzahl und Ausrichtung der Schichten richtet sich nach den speziellen mechanischen Anforderungen. Dadurch entstehen bei jedem neuen Anwendungsfall neue mechanische Kennwerte für das entstandene Bauteil, die sich aus den mechanischen Kennwerten und Eigenschaften der Einzelschichten ableiten lassen.

The material is made, above all in the construction of large aircraft, of unidirectionally and/or fabric-reinforced prepregs. The structure of the plies as well as their number and alignment are defined by the specific mechanical requirements. As a consequence, each new application case brings with it a new set of mechanical characteristics for the resulting component, characteristics that can be derived from the mechanical characteristics and properties of the individual plies.

unidirektionaler Lagenaufbau
unidirectional structure of plies



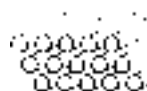
unidirektionale Belastung
unidirectional loading

multidirektionaler Lagenaufbau
multidirectional structure of plies



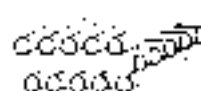
multidirektionale Belastung
multidirectional loading

Unidirektionaler Verbund mit hochbelastbarer Matrix
Unidirectional composite with a high-strength matrix



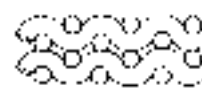
Hoher E-Modul in Faserrichtung
High modulus of elasticity in direction of fibres

Multidirektionaler Verbund mit nieder belastbarer Matrix
Multidirectional composite with a low-strength matrix



Mittlerer E-Modul in Faserrichtung
Medium modulus of elasticity in direction of fibres

Gewebeverbund mit nieder belastbarer Matrix
Fabric composite with a low-strength matrix



Niederer E-Modul in Faserrichtung
Low modulus of elasticity in direction of fibres

Faserorientierung im FVV-Bauteil
Fibre orientation in the FC component

Elastizitätsmodul verschiedener Faserverbunde
Modulus of elasticity of various fibre composites

Festlegung der Materialien

Die Festlegung der Materialien richtet sich nach vielfältigen Gesichtspunkten:

- Einsatztemperatur
- Steifigkeit
- Festigkeit
- Umgebungsmedien
- Preis
- Gewicht
- Wandstärke, Einbauplatz
- Bauteilausdehnung bei Temperatur
- Andere Kriterien

Ist man sich über die o.g. Punkte im klaren, kann die Materialkombination aus Faser und Harz festgelegt werden.

Choosing the right materials

The choice of materials depends on a large number of aspects:

- Working temperature
- Rigidity
- Strength
- Ambient medium
- Price
- Weight
- Wall thickness, installation site
- Component's thermal expansion when heated
- Other criteria

Once the above have been clarified, the material combination of resin and fibres can be determined.

Auswahl der Berechnungsmethode

Allgemein können zur Berechnung vier Methoden herangezogen werden, die nachfolgend noch näher beleuchtet werden.

Bei den ersten drei Methoden handelt es sich um **analytische Betrachtungen**, die zur Berechnung **einfacher flächiger** Bauteile ausreichen. Die neuen Materialien - wie CFK - erlauben jedoch eine sehr freie Formgestaltung, so daß die Berechnung der komplizierten Geometrien nicht mehr auf einfache geschlossene Lösungen zurückgeführt werden können. Hier bietet sich die **Finite-Elemente-Methode** als ein numerisches Verfahren zur Lösung der strukturmechanischen Probleme an. Komplizierte Geometrien werden im Rechner konstruiert, mit Belastungen und Restriktionen versehen und danach berechnet. Diese Art der Berechnung ermöglicht es auch, die in Wirklichkeit 3-dimensionale Struktur der Bauteile zu berücksichtigen.

Choosing the right calculation method

In general there are four methods of calculation.

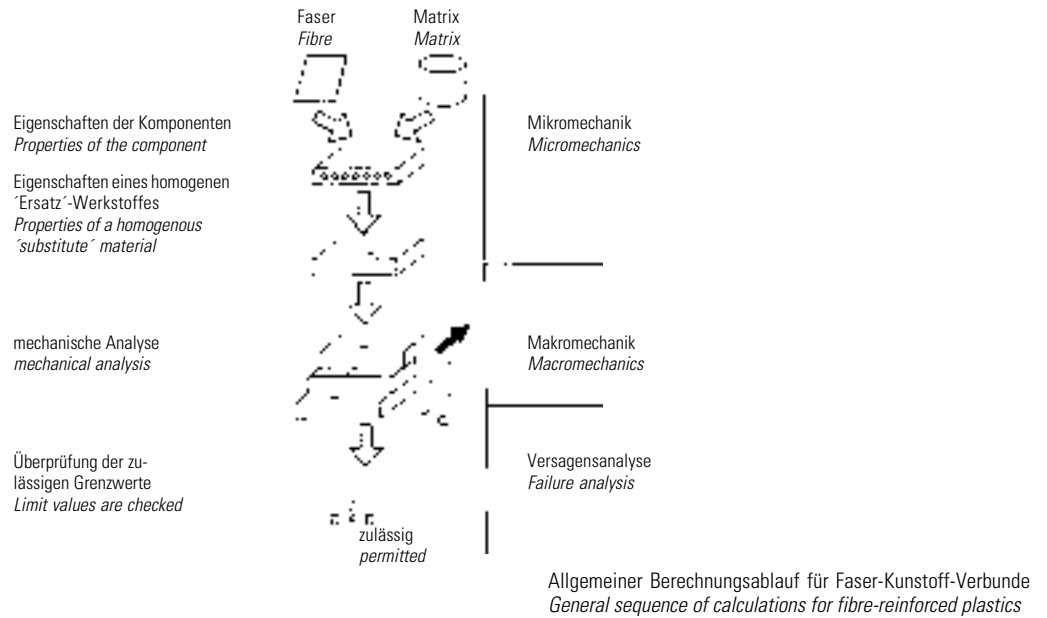
The first of these **involves analytical** observations that are sufficient for the calculation of components with **relatively uncomplicated surfaces**. However, the new materials, such as CRP, allow a far greater freedom in the design, with the result that the calculations of the complex geometries can no longer be equated with simple, self-contained solutions. In this case, the **finite elements method** presents itself as a suitable numerical method for solving problems of this kind in structural mechanics. Complex geometries are simulated in the computer, virtual loads and restrictions are applied, and the behaviour is calculated. This method of calculation also takes into account the three-dimensional structure of the components.

Anhand der Berechnungen werden die in den einzelnen Laminatschichten auftretenden Spannungen und Dehnungen ermittelt.

These calculations are then used to determine the stresses and strains generated in each laminate ply.

Der prinzipielle Ablauf stellt sich wie folgt dar:

The basic procedure is illustrated in the following:



Netztheorie

Network theory

Voraussetzung:

The component must exhibit the following:

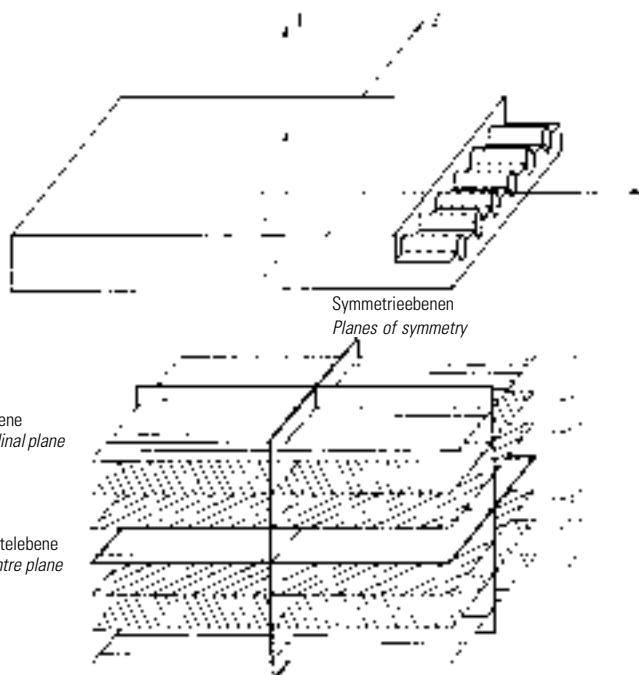
- Orthotropie
- Symmetrie
- Halten der Schichten aneinander

- Orthotropy
- Symmetry
- No relative displacement between plies

Bemerkungen:
Bei der Netztheorie übernimmt das Harz keine Kräfte. Der Festigkeitsnachweis für wenig intensiv ausgelastete Bauteile, ohne Korrosionseinflüsse und dynamische Lasten, kann mit Hilfe der Netztheorie durchgeführt werden.

*Brief description:
With this theory, no forces are applied to the resin. The network theory can be used to verify the strength of less intensively loaded components, without corrosive effects or dynamic loading.*

Orthotrope Einzelschicht
Orthotropic ply



Orthotropes Laminat
Orthotropic laminate

Kontinuumstheorie

Voraussetzung:

- Orthotropie
- Symmetrie zur Mittelebene
- Ebener Spannungszustand

Bemerkungen:

Bei der Kontinuumstheorie werden im Laminat Faser und Harz als fest miteinander verbunden angesehen. Behindert wird die Anwendung der Theorie lediglich durch die Voraussetzung des symmetrischen Aufbaus des Laminates.

Laminattheorie

Voraussetzung:

- Die Schichten sind fest miteinander verbunden
- Bei einer Belastung ist in jeder Einzelschicht die Verformung gleich groß

Finite-Elemente-Methode (FEM)

Voraussetzung:

Die FEM ist sicherlich die **allgemeingültigste Methode** zur Auslegung und Berechnung von Faserverbundbauteilen. Einige Firmen bieten speziell zur Berechnung von Faserverbundbauteilen Module an, die die Besonderheiten, Anisotropie u.ä. von Faserverbundwerkstoffen berücksichtigen. Einschränkungen für diese Berechnungsmethode bestehen je nach der verwendeten Software. Inwieweit Voraussetzungen für die Verwendung einzelner Programme erfüllt sein müssen (Orthotropie, Symmetrie zur Mittelebene, ebener Spannungszustand, etc.) muß je nach eingesetztem Programm in Erfahrung gebracht werden.

Ermittlung der Materialdaten

Voraussetzungen für die Berechnungen ist die Kenntnis über die mechanischen Daten der eingesetzten Materialien. Die Anzahl und Art der benötigten Daten hängt von der verwendeten Berechnungsmethode und dem gewünschten Materialaufbau ab. Oftmals liegen die benötigten Kennwerte für die gewünschte Materialkombination nicht vor. Mittels theoretischer Ansätze ist es möglich, aus den mechanischen Daten der einzelnen Komponenten, Faser und Matrix, diese zu berechnen. Ist die Berechnung nicht möglich, sind zerstörende mechanische Prüfungen zur Ermittlung der Daten notwendig.

Versagensanalyse

Nachdem die Berechnung durchgeführt wurde, ist die Analyse des Ergebnisses notwendig. Speziell für Faserverbundbauteile wurden in der Vergangenheit mehrere Versagenstheorien entwickelt. Diese Theorien unterscheiden sich in den betrachteten Belastungen (statisch oder dynamisch), in der Bewertung der auftretenden Versagensarten (Faserbruch, Matrixbruch, Grenzflächenversagen) und in den grundsätzlichen Überlegungen, ob festigkeitsorientiert oder gegen maximale Dehnungen dimensioniert werden soll.

Ähnlich wie bei den Versagenstheorien für konventionelle Werkstoffe soll eine Vergleichbarkeit zwischen einem mehrachsigen Beanspruchungszustand und einem unter einachsigen Laborversuchen ermitteltem Vergleichswert ermöglicht werden.

Ergebnis

Die Aus- und Bewertung der Auslegung von Faserverbundbauteilen ist der letzte Schritt. Die vielfältigen Variationsmöglichkeiten der Materialien, der Faserorientierungen, die freie Formgestaltung und Fertigungseinflüsse erschweren die rein theoretische Betrachtung des Problems. Eine Fertigung von Prototypen und praxisnahe Tests mit ihnen sind somit unbedingt notwendig. Erst diese Ergebnisse geben letztendlich Aufschluß darüber, ob das Bauteil in der Praxis eingesetzt werden kann.

Continuum theory

The component must exhibit the following:

- Orthotropy
- Symmetry about the centre plane
- Plane state of stress

Brief description:

The continuum theory treats the laminate's fibres and resin as being firmly combined. Applying this theory is restricted solely by the requirement that the laminate exhibits a symmetrical structure.

Laminate theory

The component must exhibit the following:

- The plies are joined firmly together
- When loaded, each ply undergoes equal deformation

Finite elements method (FEM)

The component must exhibit the following:

Without doubt, the finite elements method is **the most common method** used in the design and calculation of fibre composite components. A number of companies offer modules that specifically take into consideration the salient features, anisotropy, and other aspects in the calculation of fibre composites. This method of calculation can be restricted in its scope by the software used, so it is important to know beforehand what the software requires to run properly (orthotropy, symmetry about the centre plane, plane state of stress, etc.).

Determining the material data

This stage requires mechanical data that must be obtained beforehand from the materials used. As to the quantity and type of these data, this depends in turn on the adopted method of calculation and the planned material structure. The characteristics needed for the planned material combination are often not known. A theoretical approach could be taken to derive these values from the mechanical data of each component, i.e. of the fibres and matrix. If these calculations are not possible, then the designer must resort to destructive mechanical tests.

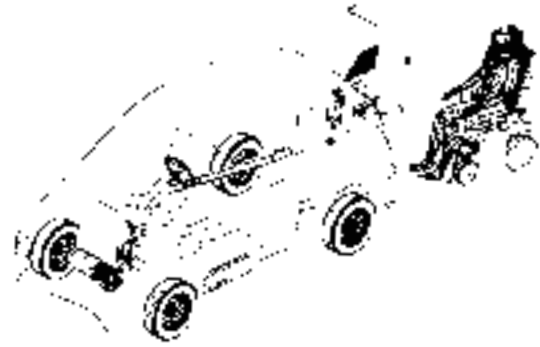
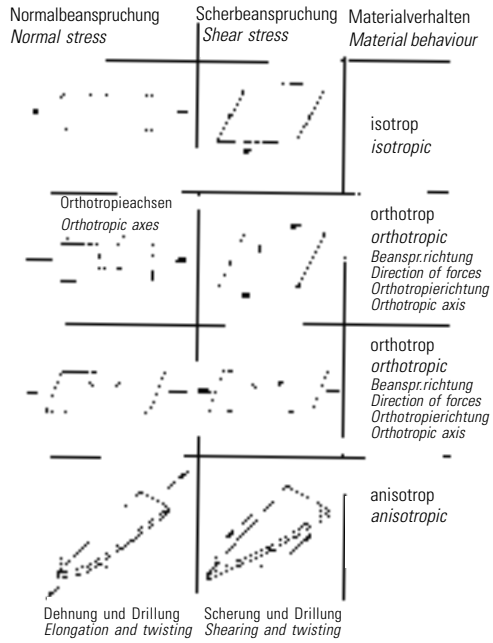
Failure analysis

Once the calculations have been concluded, the results must be analysed. In the past, several failure hypotheses were developed specifically for fibre composite components. These theories differ in the observed loading conditions (static or dynamic), the evaluation of the failure type (fibre fracture, matrix fracture, interface failure), and the underlying consideration as to whether the dimensioning is based on the component's strength or the maximum permitted elongations.

Similar to those for conventional materials, these failure hypotheses are intended to facilitate comparisons between a multiaxial state of stress and a reference value obtained from uniaxial laboratory tests.

Results

The last step involves evaluating and assessing the design of fibre composite components. The purely theoretical observation of this problem is made difficult by the wide range of possible variations, the fibre orientations, the freedom in the design, and manufacturing effects. So it is highly important that a prototype is produced and subjected to field trials. Only these final findings can verify whether the component can be used in practice.



Verformungen bei Faser-Kunststoff-Verbundlaminate
Deformation types with fibre-reinforced plastic laminates

ZENTAUR Chiron - Konzeption und Entwicklung eines behindertengerechten Fahrzeuges mit Unterstützung durch CAD und FEM an der Fachhochschule für Technik, Esslingen.

ZENTAUR Chiron - CAD and FEM were used for the conception and development of a car adapted to the needs of the disabled (Esslingen Fachhochschule für Technik)

LAMINATBERECHNUNG

NACH DER KLASSISCHEN LAMINATTHEORIE (CLT)

Von Dr.-Ing. Herbert Funke, zusammengefaßt nach Michaeli/Huybrechts/Wegner „Dimensionieren mit Faserverbundkunststoffen“, Hanser-Verlag

Die klassische Laminattheorie (CLT) ist ein Verfahren zur Berechnung mehrschichtiger inhomogener Laminataufbauten. Sie beinhaltet eine ausführliche Verformungs- und Spannungsanalyse unter Einbeziehung spezieller Beanspruchungen von Faserverbundlaminaten wie auch spezielle Versagenshypothesen.

Verformungs- und Spannungsanalyse

Bei der Verformungsanalyse von Laminaten nach der klassischen Laminattheorie (CLT) handelt es sich um die Lösung eines statisch unbestimmten Systems, so dass neben den Gleichgewichtsbedingungen zusätzlich Stoffgesetze wie auch die Passbedingung zu berücksichtigen sind.

Es wird von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Die Einzelschicht (ES) ist die kleinste Berechnungseinheit des Laminates. Die Eigenschaften der inhomogenen Einzelschicht werden über die Einzelschicht als „verschmiert“ betrachtet und somit „homogenisiert“.
- Bei der Laminatberechnung werden die Einzelschichten zu einem Laminat „gestapelt“. Dabei werden die Einzelschichten als fest miteinander verklebt angenommen (Passbedingung).

Während die vollständige CLT auch Wölbungen, Verdrillungen und Biegungen mit berücksichtigt, die bereits bei ebener Belastung nicht orthotroper Laminataufbauten auftreten, werden beim sogenannten „Scheibenproblem“ nur ebene Spannungen und Verformungen berücksichtigt. Ferner beinhaltet die CLT auch Wärmedehnungen und Quellungen (z.B. durch Feuchtigkeitseinfluß). Eine ausführliche Darstellung der CLT liefert [MIC 94].

Wir wollen uns hier auf die Grundbegriffe der CLT beschränken und anhand der Berechnungsmöglichkeiten nach der CLT die Ingenieurkonstanten (E-Moduli, Schubmodul, Querdehnzahl) für beliebige (orthotrope) Laminataufbauten ermitteln.

LAMINATE CALCULATIONS

WITH THE CLASSICAL LAMINATE THEORY (CLT)

The following is a summary by Dr.-Ing. Herbert Funke of Michaeli's, Huybrecht's, and Wegner's „Dimensionieren mit Faserverbundkunststoffen“ published by Hanser-Verlag

The classical laminate theory (CLT) is a method for conducting calculations on multi-ply inhomogeneous laminate lay-ups. It includes a thorough deformation and stress analysis based on the specific stress conditions in fibre composite laminates and specific failure hypotheses.

Deformation and stress analysis

Using the classical laminate theory (CLT) to conduct a deformation analysis on laminates yields a solution to a statically indeterminate system which has to take into account not only the equilibrium conditions, but also additional constitutive equations as well as stacking assumptions.

The analysis assumes the following:

- *The ply is the smallest calculation unit in the laminate. The properties of the inhomogeneous ply are “smeared” over the ply, and so “homogenised”.*
- *For the calculations on the laminate, the plies are “stacked” and firmly glued to each other to form the laminate (stacking assumptions).*

Whereas the full CLT also considers bulges, twists, and bends that arise as soon as coplanar forces are applied to non-orthotropic laminate lay-ups, the method of treating the laminate as a plane considers coplanar stresses and deformations only. Moreover, the CLT anticipates thermal expansions and swelling, for example through the effects of moisture. The CLT is presented in more detail by [Mic 94].

This paper restricts itself to the basic concepts of the CLT and utilises the models it offers to calculate the engineering constants (moduli of elasticity, shear modulus, Poisson ratio) for any (orthotropic) laminate lay-up.

Der Berechnungsblauf der vollständigen CLT erfolgt in 10 Schritten. Nach 4 Schritten können die Ingenieurkonstanten des Laminates ermittelt werden:

The calculations according to the full CLT involve ten steps. The engineering constants for the laminate can be determined after four steps:

Schichtmodul <i>Plies' moduli</i> $E_{II}, E_I, G_{III}, \nu_{III}$	→ 1) Bestimmung der Steifigkeit der Einzelschichten 1) <i>Determine the plies' rigidities</i>	-----> $\begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & 0 \\ Q_{21} & Q_{22} & 0 \\ 0 & 0 & Q_{33} \end{bmatrix} = [Q]$
Schichtorientierung <i>Plies' orientations</i> α_k	→ 2) Transformation der Steifigkeiten in das Laminat-Koordinatensystem 2) <i>Transform the rigidities into the laminate's coordinate system</i>	-----> $\begin{bmatrix} Q'_{11} & Q'_{12} & 0 \\ Q'_{21} & Q'_{22} & 0 \\ 0 & 0 & Q'_{33} \end{bmatrix} = [Q']$
Schichtdicken <i>Plies' thicknesses</i> t_k	→ 3) Berechnung der Steifigkeitsmatrix des Laminates 3) <i>Calculate the rigidity matrix for the laminate</i>	-----> $\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix} = [A]$
	→ 4) Invertieren zur Nachgiebigkeitsmatrix 4) <i>Invert to obtain the compliance matrix</i>	-----> $\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix} = [a]$
Äußere Lasten <i>External loads</i> $-N_x, N_y, N_{xy}$ $-\Delta T$ $-\Delta M$	→ 5) Verzerrung des Laminates 5) <i>Distortions in the laminate</i>	→ $\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}$
	→ 6) Verzerrungen der Schichten 6) <i>Distortions in the plies</i>	→ $\epsilon_1, \epsilon_2, \gamma_{12}$
	→ 7) Schichtspannungen 7) <i>Stresses in the plies</i>	→ $\sigma_1, \sigma_2, \tau_{21}$

Berechnungsschritte der klassischen Laminattheorie [MIC °94]

Calculation steps with the classical laminate theory [Mic 94]

Vorbereitungen

Bevor mit der eigentlichen Berechnung begonnen werden kann, müssen zunächst für alle Einzelschichten (ES) des zu berechnenden Laminates die Ingenieurkonstanten ermittelt werden:

- $E_{1,k}$: E-Modul der Einzelschicht *k in Faserrichtung
- $E_{2,k}$: E-Modul der Einzelschicht *k quer zur Faserrichtung
- $G_{12,k}$: Schubmodul Einzelschicht *k
- $\nu_{12,k}$: Querdehnzahl Einzelschicht *k

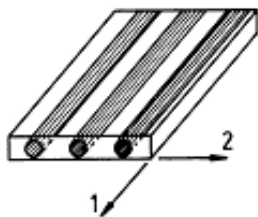
Die Berechnung erfolgt nach der Mischungsregel nach nachfolgenden Formeln.

Preliminary work

Before we can start on the calculations, we first have to determine the engineering constants for all of the plies in the specimen laminate:

- $E_{1,k}$: modulus of elasticity of ply "k" along the fibres
- $E_{2,k}$: modulus of elasticity of ply "k" transverse to the fibres
- $G_{12,k}$: shear modulus of ply "k"
- $\nu_{12,k}$: Poisson ratio of ply "k"

The calculations are based on the rule of mixtures in accordance with the following formulae.



UD-Einzelschicht [MIC °89]

Unidirectional ply [MIC °89]

$$E_1 = \varphi \cdot E_F + (1 - \varphi) \cdot E_H$$

$$E_2 = \frac{E_H \cdot E_{F2}}{\varphi \cdot E_H + (1 - \varphi) \cdot E_{F2}}$$

$$G_{12} = \frac{G_F \cdot G_H}{\varphi \cdot G_H + (1 - \varphi) \cdot G_F}$$

$$\nu_{12} = \varphi \cdot \nu_F + (1 - \varphi) \cdot \nu_H$$

Während die Werte des Längsmoduls und der Querkontraktion gut mit Messungen übereinstimmen, ergeben sich Unterschiede beim Quermodul und beim Schubmodul. So gibt [Puck] folgende modifizierte Regeln an:

$$E_2 = \frac{E_H^* \cdot (1 + 0,85 \varphi^2)}{\varphi \cdot E_H^* / E_F + (1 - \varphi)^{1,25}} \quad \text{mit/with:} \quad E_H^* = \frac{E_H}{(1 - \nu_H^2)} \quad G_{12} = \frac{G_H \cdot (1 + 0,6 \varphi^{0,5})}{\varphi \cdot G_H / G_F + (1 - \varphi)^{1,25}}$$

Ferner ist für jede ES die Laminatstärke $^a t_k$ zu ermitteln. Dabei werden mehrachsiale Faserhalbzeuge ggf. in mehrere ES aufgeteilt.

Whereas the values for the modulus along the fibres and for the Poisson ratio agree well with measurements, there is disagreement between the corresponding values for the modulus transverse to the fibres and the shear modulus. [Puck] gives the following modified rules:

Also the laminate thickness $^a t_k$ has to be determined for each ply. This step may involve splitting up multiaxial semi-finished fibre products into several plies.

Die Berechnung nach der CLT erfolgt dann in 10 Einzelschritten:

Schritt 1: Bestimmung der ES-Steifigkeiten

Die Moduli beschreiben nur das Werkstoffverhalten bei einachsiger Beanspruchung bzw. reiner Schubbeanspruchung. Im Laminat liegen aber i. d. R. stets mehrachsige Spannungszustände vor. Die unter Berücksichtigung der Querkontraktion zu ermittelnden Steifigkeiten Q_{ij} beschreiben somit das Werkstoffverhalten bei mehrachsiger Beanspruchung.

Bestimmung der ES-Steifigkeiten $[Q]_k$ der orthotropen Einzelschichten im ES-Koordinatensystem (ESKS):

$$[Q]_k = \begin{bmatrix} Q_{21} & Q_{12} & 0 \\ Q_{21} & Q_{22} & 0 \\ 0 & 0 & Q_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{E_1}{1 - \nu_{12}^2 \cdot \frac{E_2}{E_1}} & \frac{\nu_{12} \cdot E_2}{1 - \nu_{12}^2 \cdot \frac{E_2}{E_1}} & 0 \\ \frac{\nu_{12} \cdot E_2}{1 - \nu_{12}^2 \cdot \frac{E_2}{E_1}} & \frac{E_2}{1 - \nu_{12}^2 \cdot \frac{E_2}{E_1}} & 0 \\ 0 & 0 & G_{12} \end{bmatrix}_k$$

The calculations with the CLT are then conducted in ten steps as follows.

Step 1: Determining the plies' rigidities

The moduli describe only the material's behaviour under uniaxial loading or simple shearing. As a rule, however, the laminate exhibits multiaxial stress states. For this reason, the rigidities Q_{ij} which are calculated as a function of the Poisson ratio, serve to describe the material's behaviour under multiaxial loading.

The plies' rigidities $[Q]_k$ for the orthotropic plies in the ply coordinate system (plyCS) are determined as follows:

Schritt 2: Transformation der ES-Steifigkeiten

Die Steifigkeiten $[Q]_{\text{ESKS},k}$ jeder ES werden mit Hilfe von Transformationsbeziehungen aus dem „lokalen“ Einzelschichtkoordinatensystem (ESKS) in das globale Koordinatensystem des Laminates (LamKS) transformiert.

$$[Q]_{\text{LamKS},k} = [T]_{\sigma,k} \cdot [Q]_{\text{ESKS},k} \cdot [T]_{\sigma,k}^T$$

mit/with:

$$[T]_{\sigma,k} = \begin{bmatrix} \cos^2 & \sin^2 & 2\sin \cos \\ \sin^2 & \cos^2 & -2\sin \cos \\ -\sin \cos & \sin \cos & \cos^2 - \sin^2 \end{bmatrix} ; \quad [T]_{\sigma,k}^T = \begin{bmatrix} \cos^2 & \sin^2 & -\sin \cos \\ \sin^2 & \cos^2 & \sin \cos \\ 2\sin \cos & -2\sin \cos & \cos^2 - \sin^2 \end{bmatrix}$$

Der Winkel ist dann positiv, wenn man im mathematisch positiven Drehsinn (Gegen-Uhrzeigersinn) von der 1-Achse des jeweiligen ES-Koordinatensystems in die 1-Achse des Laminatkoordinatensystems dreht.

Step 2: Transforming the plies' rigidities

The rigidities $[Q]_{\text{plyCS},k}$ of each ply are transformed from the "local" ply coordinate system (plyCS) to the global coordinate system of the laminate (lamCS) in accordance with the transformation laws.

The angle is positive when the 1 axis of the respective ply coordinate system is rotated in the mathematically positive sense (anticlockwise) towards the 1 axis of the laminate coordinate system.

1.22

Schritt 3: Berechnung der Laminat-Steifigkeitsmatrix

Die transformierten Steifigkeiten aller ES werden, gewichtet mit ihrem Querschnittsanteil, zu einer homogenen Laminatsteifigkeit aufaddiert. Man erhält die Laminat-Steifigkeitsmatrix [A]:

$$[A] = \sum_k \frac{t_k}{t_{Lam}} \cdot [Q]_{LamKS,k}$$

Schritt 4: Invertierung zur Laminat-Nachgiebigkeitsmatrix

Um die Verzerrungen des Laminates ermitteln zu können, muss die Steifigkeitsmatrix [A] zur Nachgiebigkeitsmatrix [a] invertiert werden:

$$[a] = [A]^{-1}$$

Aus den Elementen der Nachgiebigkeitsmatrix werden die Ingenieurkonstanten des Laminates ermittelt:

$$E_{x,Lam} = \frac{1}{a_{11}} \quad E_{y,Lam} = \frac{1}{a_{22}} \quad G_{xy,Lam} = \frac{1}{a_{33}} \quad \nu_{xy,Lam} = \frac{a_{21}}{a_{11}} \quad \nu_{yx,Lam} = \frac{a_{12}}{a_{22}}$$

Schritt 5: Berechnung der Laminatverzerrungen

Die mechanischen Laminatverzerrungen werden durch Aufbringung der mechanischen Lasten ermittelt:

$$\{\epsilon_{Lam}\}^{mech} = [a] \cdot \{\sigma_{Lam}\}^{mech} ; \text{ mit: } \{\sigma_{Lam}\}^{mech} = \frac{1}{t_{Lam}} \cdot \{N\} \quad ; \quad N = \text{Kraftflu\ss} / \text{flow of forces}$$

Für die Ermittlung der Laminatverzerrungen aufgrund von Temperaturänderung und Quellung siehe [MIC 94].

Schritt 6: Gesamtverzerrung des Laminates

Die Gesamtverzerrung des Laminates ist die Summe der Verzerrungskomponenten aus mechanischer, thermischer und Quellbeanspruchung. (Thermische und Quellbeanspruchung siehe [MIC 94])

Schritt 7: Berechnung der Einzelschichtspannungen

Die spannungswirksamen (^{sp}) mechanischen Verzerrungen des Laminates sind aufgrund der „Verklebung“ der Schichten untereinander (Passbedingung) identisch mit den mechanischen Verzerrungen jeder Einzelschicht (ES) im Laminatkoordinatensystem (LamKS):

$$\{\epsilon_{sp,ES}\}_{LamKS,k}^{mech} = \{\epsilon_{Lam}\}^{mech}$$

Die spannungswirksamen Verzerrungen aufgrund von thermischer und Quellbeanspruchung müssen für jede ES einzeln ermittelt werden, siehe [MIC 94].

Step 3: Calculating the laminate rigidity matrix

The transformed rigidities of all plies, weighted according to their cross-sectional ratios, are added together to yield a homogeneous laminate rigidity. The result is the laminate rigidity matrix [A]:

Step 4: Inverting to obtain the laminate compliance matrix

Before we can determine the distortions in the laminate, we must first invert the rigidity matrix [A] to obtain the compliance matrix [a]:

The engineering constants for the laminate are obtained from the elements of the compliance matrix:

Step 5: Calculating the distortions in the laminate

The mechanical distortions in the laminate are determined with the application of mechanical loads:

For determining distortions in the laminate caused by a change in temperature or swelling, see [Mic 94]

Step 6: Total distortion of the laminate

The total distortion of the laminate is the sum of the component distortions arising from mechanical, thermal, and swelling stresses (for thermal and swelling stresses see [Mic 94]).

Step 7: Calculating the stresses in the ply

Following the initial assumption that the plies are “glued” to each other (stacking assumptions), the stress-promoting (^{sp}) mechanical distortions in the laminate are identical to the mechanical distortions of each ply in the laminate coordinate system (LamCS):

The stress-promoting distortions as a result of thermal and swelling stresses must be determined for each of the plies (see [Mic 94]).



Schritt 8: Summe der spannungswirksamen Verzerrungen:

Die insgesamt pro ES spannungswirksamen Verzerrungen ergeben sich aus der Summe der mechanischen und thermischen Verzerrung und der Verzerrung aufgrund von Quellung, siehe [MIC 94].

Step 8: Sum of the stress-promoting distortions

The total stress-promoting distortions per ply are obtained from the sum of the mechanical and thermal distortions plus the distortion caused by swelling (see [Mic 94]).

Schritt 9: Rücktransformation der spannungswirksamen Verzerrungen in das jeweilige ESKS

Für jede ES erfolgt die Rücktransformation der spannungswirksamen Verzerrungen in das jeweilige Einzelschichtkoordinatensystem (ESKS):

Step 9: Retransforming the stress-promoting distortions into the respective plyCS

For each ply, the stress-promoting distortions are retransformed into the respective ply coordinate system (plyCS):

$$\{\epsilon_{sp,ES}\}_{ESKS,k} = [T_{\epsilon}]_k \cdot \{\epsilon_{s,ES}\}_{LamKS,k} \quad \text{mit/with:} \quad [T_{\epsilon}]_k = \begin{bmatrix} \cos^2 & \sin^2 & -\sin \cos \\ \sin^2 & \cos^2 & \sin \cos \\ 2\sin \cos & -2\sin \cos & \cos^2 - \sin^2 \end{bmatrix}$$

Schritt 10: Berechnung der Spannungen in den Einzelschichten

Unter Einbeziehung der Einzelschichtsteifigkeiten $[Q]_{ES}$ erhält man die Spannungen für jede Einzelschicht:

Step 10: Calculating the stresses in the plies

The stresses in each ply are obtained as a function of the plies' rigidities $[Q]_{ply}$:

$$\{\sigma_{ES}\}_k = [Q]_{ESKS,k} \cdot \{\epsilon_{sp,ES}\}_{ESKS,k}$$

Festigkeitsberechnungen

Die Festigkeitsberechnungen erfordern die Einbeziehung spezieller Bruchkriterien sowie vorliegender, zumeist experimentell ermittelter, Festigkeitskennwerte. Eine ausführliche Darstellung der Bruchkriterien liefert [MIC 94]. Die Darstellung hier beschränkt sich auf die Erläuterung der beiden wesentlichen Versagensmechanismen.

Strength calculations

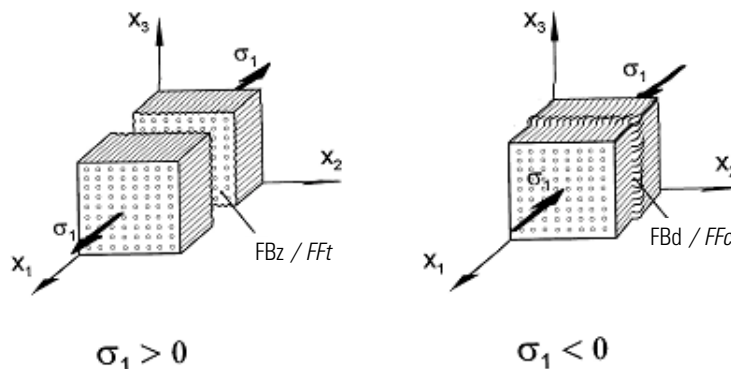
Before we can calculate the strengths, we must first set down specific fracture criteria and obtain the mechanical properties that in most cases have been determined in experiments. Fracture criteria are presented in more detail by [Mic 94]. The presentation here is restricted to an explanation of the two essential failure mechanisms.

Faserbruch (FB)

Unter Faserbruch ist das Versagen einer Einzelschicht aufgrund von Zug- oder Druckspannungen in Faserrichtung (σ_1 -Spannung) zu verstehen. Die Bruchfläche verläuft quer zur Faserrichtung durch die gesamte Einzelschicht. Ursache können sowohl Zug- wie auch Druckspannungen sein. Bei Zugspannungen als Ursache des Versagens reißen die Fasern der Einzelschicht aufgrund zu hoher Zugbeanspruchung. Bei Druckbeanspruchungen als Versagensursache knicken die Fasern der Einzelschicht aus (Microknicken). Die Festigkeit gegen Faserbruch ist sehr hoch, wobei unter dem Begriff Faserbruch das Versagen **aller!** Fasern einer Einzelschicht und nicht etwa das einer einzelnen Faser zu verstehen ist.

Fibre fracture (FF)

Fibre fracture is understood to be the failure of a ply as a result of tensile or compressive stresses acting along the fibres (σ_1 stress). The fracture face runs transversely to the fibres through the whole ply. When tensile stresses are the cause of failure, the fibres in the ply break as soon as these stresses exceed a maximum value. When compressive stresses are the cause of failure, the fibres in the ply buckle out (micro-buckling). The fibre fracture strength is very high, whereby fibre fracture means the failure of **all (!)** fibres in a ply.



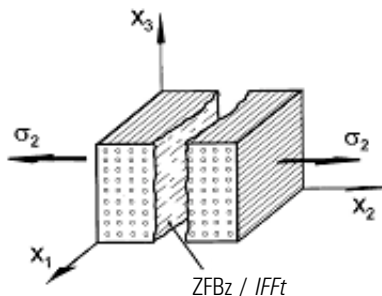
Faserbruch, [MIC 94]

Fibre fracture [Mic 94]

1.24

Zwischenfaserbruch (ZFB)

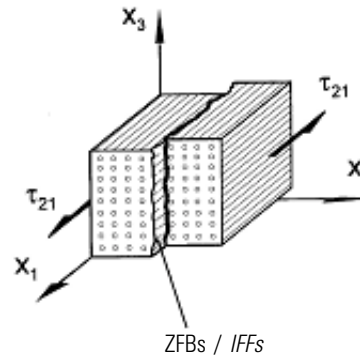
Beim Zwischenfaserbruch versagt die Einzelschicht wobei die Bruchfläche durch die gesamte Einzelschicht in Faserrichtung durch die Matrix oder entlang der Faser / Matrix-Grenzfläche verläuft. Ursache für den Zwischenfaserbruch sind Zugspannungen quer zur Faserrichtung (σ_2 -Spannung) oder Schubspannungen (τ_{21}) die einzeln oder gemeinsam wirken können.



Zwischenfaserbruch (ZFB) durch Zug oder/und Schub, [MIC °94]

Inter-fibre fracture (IFF)

An inter-fibre fracture is the failure of a ply, whereby the fracture face runs through the matrix in the direction of the fibres over the whole ply, or along the interface between the fibres and the matrix. Inter-fibre fracture is caused by tensile stresses acting transversely to the fibres (σ_2 stress) or by shear stresses (τ_{21}) that can act singly or in combination.



Inter-fibre fracture (IFF) caused by tension and / or shear [Mic 94]

Festigkeitskriterien

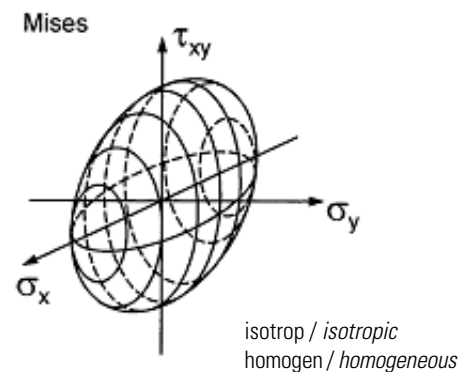
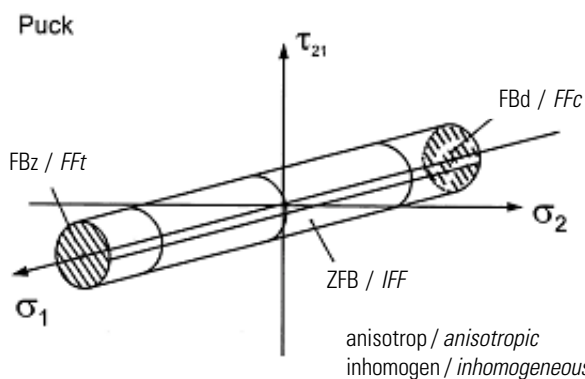
Die Festigkeiten allein wirkender σ_1 , σ_2 und τ_{21} Spannungen können für unterschiedliche Einzelschichten experimentell ermittelt werden. Bei mehrachsigen Spannungszuständen führt die Interaktion mehrerer Beanspruchungen zum Versagen. Hier greift man (wie bei isotropen Werkstoffen) auf Versagenshypothesen zurück, die das Versagen der Einzelschicht durch einen mathematischen Zusammenhang zwischen den gemeinsam wirkenden Beanspruchungen beschreiben.

Als Bruchkörper visualisiert ist der Festigkeitskörper einer Faserverbund-UD-ES näherungsweise ein langer, dünner Zylinder. Faserbruch (FB) und Zwischenfaserbruch (ZFB) müssen getrennt untersucht werden. Die Zylindermantelfläche steht für die Versagensgrenze gemeinsam wirkender σ_2 und τ_{21} -Spannungen, welche den ZFB verursachen. Die mehr oder weniger kreisrunden Zylinderenden stellen die Grenzfläche für den Faserbruch dar, der aufgrund von Normalspannungen in Faserrichtung (σ_1 -Spannung) auftritt.

Strength criteria

The strengths of various plies against σ_1 , σ_2 and τ_{21} stresses acting singly can be determined in experiments. In the case of multiaxial stress states, the interaction between several applied stresses leads to failure. Just like the procedure for isotropic materials, we have recourse here to failure hypotheses that describe the failure of a ply in the form of a mathematical relationship between the stress effects.

The fracture body in our example represents a unidirectional fibre composite ply and is approximately a long, thin cylinder. Fibre fracture (FF) and inter-fibre fracture (IFF) must be investigated separately. The outer cylinder surface marks the failure zone between combined σ_2 and τ_{21} stresses causing the IFF. The more or less circular cylinder ends are the limiting surfaces for the fibre fracture caused by normal stresses acting along the fibres (σ_1 stress).



Qualitative Darstellung eines ES-Bruchkörpers und eines Fließkörpers duktiler Werkstoffe, [MIC °94]

Qualitative depiction of a ply fracture body and a flowing body of ductile materials [Mic 94]

Wanddicken

- Die Wanddicke und der Laminataufbau sollten möglichst gleichmäßig sein.
- Harzanreicherungen z.B. in Vertiefungen und Kanten führen zu Eigenspannungen, Verzug und Rißbildungen.
- Ecken und Kanten müssen mit ausreichenden Radien versehen sein.

Wall thicknesses

- The wall thickness and the laminate structure should be as uniform as possible.
- Resin accumulation, e.g. in indentations and edges, promotes internal stress, warpage, and crack formation.
- Corners and edges must be provided with adequate radii.

Ungünstige Bauteilgestaltung

Harzansammlungen in der Kante und der Verdickung des Behälterbodens führen zu Schwindungsrisse.

Unsuitable component design
 Resin accumulations in the edge and the thick part of the tank bottom promote shrinkage cracking.



Günstig Bauteilgestaltung

Spannungsrisse werden vermieden, besserer Kraftfluß im Verstärkungsmaterial. Höhere Formsteifigkeit bei geringerem Gewicht.

Good component design
 Stress cracking is prevented, better flow of forces through the reinforcing material. Greater inherent rigidity with lower weight.

Gestaltung von Ecken und Kanten

Designing corners and edges

Ungünstig! Zu kleine Radien
Bad! Radii too small

Besser: ausreichende Radien
Better: adequate radii



Entformungsschrägen

Drafts

Falsch!

Seitenflächen haben keine oder nicht ausreichende Neigungen

Wrong!
 The sides are not or only insufficiently inclined



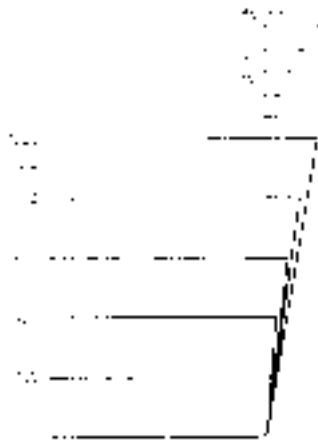
Richtig:

Seitenflächen haben ausreichende Neigungen

Right:
 Sides are sufficiently inclined



Richtwerte für die Seitenneigung in Abhängigkeit von der Tiefe des Formteiles.



Recommended values for the side angles as a function of mould depth

Versteifungen

Zur Versteifung von Bauteilen bestehen folgende Möglichkeiten:

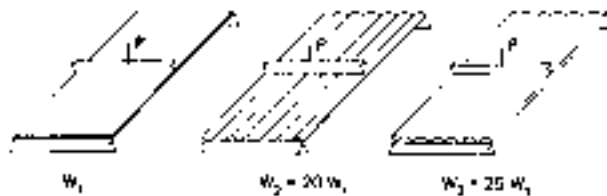
- Bauteilgestaltung mit räumlicher Tragwirkung
- Versteifen durch Sicken oder aufgeklebte bzw. einlamierte Profile
- Sandwichkonstruktionen (erhöhte Wandstärke durch Einlaminiern eines leichten, druckfesten Kernwerkstoffes wie z.B. Aramidwaben, Schäume, Balsaholz etc.)

Stiffeners

Components can be stiffened as follows:

- The component itself is designed as a structure that can withstand loads at any point.
- The component is stiffened with beads or sections in the form of glued or laminate inserts.
- The component is designed as a sandwich construction (however, inserting a laminate of lightweight, compression-resistant core material such as aramid honeycombs, foam, balsa wood, etc., increases the wall thickness)

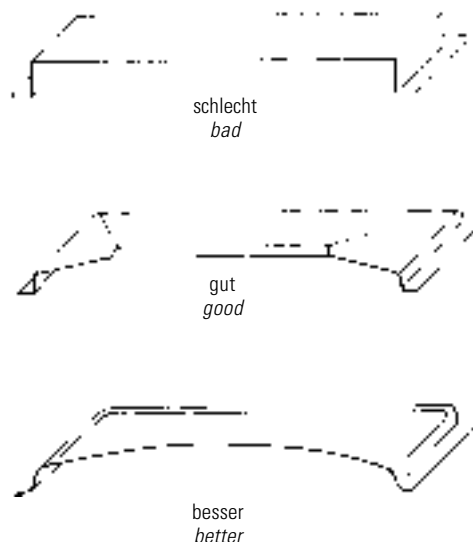
Durch Formgebung verändertes Widerstandsmoment W bei gleichem Querschnitt F



How the design affects the section modulus W for the same cross section F

Versteifung durch **Gestalten mit räumlicher Tragwirkung**. Diese Art der Versteifung ist werkstoffgerecht. Das Formteil kann in einem Arbeitsgang gefertigt werden.

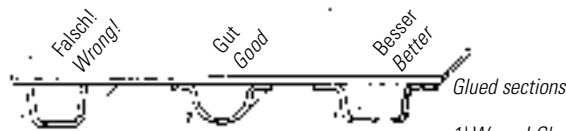
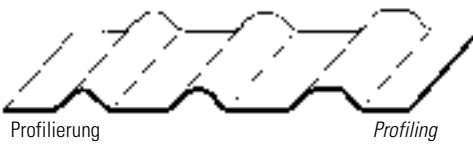
The component itself is designed as a **structure that can withstand loads at any point**. This type of stiffening method is suitable for all materials. The moulded part can therefore be manufactured in one working cycle.



1

Versteifung durch **Sicken oder aufgeklebte bzw. auflamierte Profile**.
 Ist ein Gestalten mit räumlicher Tragwirkung nicht möglich, so bieten sich die folgenden Versteifungsmöglichkeiten an:

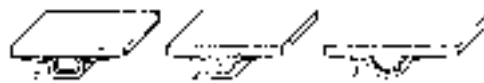
The component is stiffened with **beads or sections in the form of glued or laminate inserts**. If the component cannot be designed as a structure that can withstand loads at any point, one of the following alternative methods can be used instead:



aufgeklebte Profile

- 1) Falsch! Zu kleine Klebefläche, schlechte Verbindung
- 2) Gute Verklebung
- 3) Besser, größeres Widerstandsmoment

- 1) Wrong! Glued surfaces too small, bad join
- 2) Good adhesion
- 3) Better, higher section modulus



auflamierte Profile und verschiedene Werkstoffe als Kerne

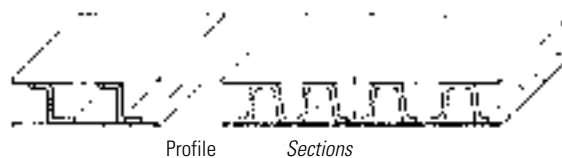
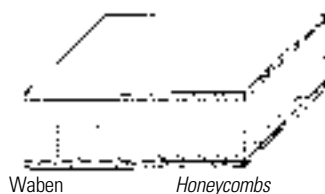
- 1) Aluminium
- 2) Hartschaum oder Holz
- 3) Pappe oder halbiertes Kunststoffschlauch

Laminated sections with various core materials

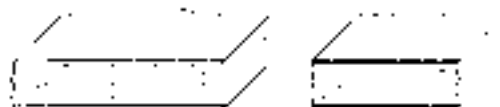
- 1) Aluminium
- 2) Rigid foam or wood
- 3) Cardboard or plastic tube cut down the centre

Versteifen durch **Verbundbauweise (Sandwichkonstruktionen)**
 Die Verbundbauweise stellt die optimale Lösung für flächige Bauteile mit geringem Gewicht und hoher Steifigkeit dar. Als Kernmaterial werden verwendet: Aramid- und Aluminiumwaben, Hartschäume (z.B. aus Polystyrol, PVC, Polyurethan, PMMA), Holzwerkstoffe (z.B. Balsaholz) und Profile aller Art.

The component is designed as a **sandwich construction**.
 The sandwich construction presents the optimal solution for large-area components with a low weight and high rigidity. Used as the core materials are aramid and aluminium honeycombs, rigid foams (e.g. of polystyrene, PVC, polyurethane, PMMA), wood materials (e.g. balsa), and sections of all kinds.



Holz
Wood



Schaumstoff
Foam

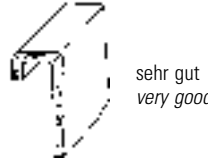
1.28

Versteifen von Bauteilkanten

Stiffening the edges of components

Glatte Abschlusskanten sind ungünstig, Wandungen neigen zum Durchbiegen

Smooth edges are impractical, the walls tend to bend



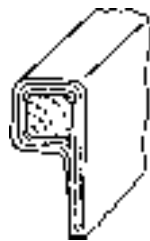
Vollkante, vorzugsweise für Preßmassen, Mattenlaminat bzw. Rovings geeignet

A full square edge, ideal for moulding compounds, mat laminates, and rovings



Einbettungen zur Versteifung von Abschlusskanten.

Materials are embedded in the edges to stiffen them.



Holz
Wood



Metallrohr
Metal tube



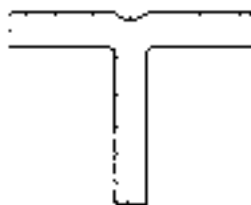
Stabmaterial
Rod

Gestaltung von Rippen

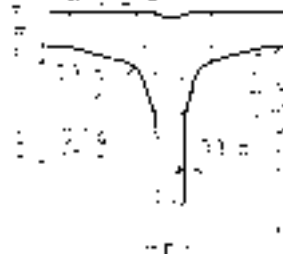
Designing ribs

Schwindungsmarkierung

Shrinkage marks



falsch
wrong



richtig
right

Literatur:
VDI-Richtlinie 2012 Gestalten von Werkstücken aus GFK, Beuth-Verlag

Literature:
VDI guideline 2012 "Gestalten von Werkstücken aus GFK", Beuth-Verlag

Einführung in die Technologie der Faserverbundwerkstoffe, Hanser-Verlag, bei R&G erhältlich unter Bestell-Nr. 380 109-1

"Einführung in die Technologie der Faserverbundwerkstoffe", Hanser-Verlag, available from R&G: order no. 380 109-1

Klebstoffe auf Basis Cyanacrylat (Sekundenkleber) und Epoxydharz besitzen eine ausgezeichnete Haftung auf unterschiedlichen Werkstoffen. Sie werden für die Verklebung von Kunststoffen, Metallen, Holz, Glas, Beton, Keramik u.a. eingesetzt.

Für die **Festigkeit** einer Verklebung sind folgende Klebstoffeigenschaften entscheidend:

- die Festigkeit des Klebstoffes (Kohäsion = Zusammenhangskraft);
- die Klebkraft/Haftfähigkeit an Oberflächen (Adhäsion).

Oberflächenvorbereitung

Das Säubern der Klebeflächen dient der Entfernung von anhaftenden festen Schichten wie Schmutz, Rost, Zunder, Farben, Lacken etc. Es wird vorzugsweise auf mechanischem Wege mittels Schleifen und Bürsten durchgeführt. Selbst für gering beanspruchte Klebungen ist das Säubern eine Grundvoraussetzung für die angestrebte Festigkeit einer Klebung, da Fremdschichten von vornherein als Ausgangspunkt für Klebfugenbrüche anzusehen sind.

Passendmachen

Hierunter versteht man das Entfernen von Schnittgraten und -bei größeren Klebeflächen- das Richten der Fügeiteile als Voraussetzung für parallele Klebfugen.

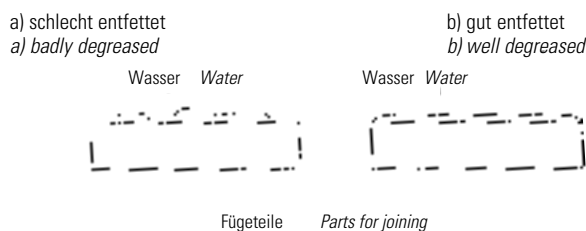
Entfetten

Das Entfetten kann mittels organischer Lösemittel oder heißem (ca. 60 - 80 °C), mit flüssigem Reinigungsmittel (ca. 1 - 3 %) versetztem Wasser erfolgen. Hierbei ist allerdings darauf zu achten, daß z.B. Spülmittel geringe Anteile an Siliconverbindungen enthalten können, die bei Verbleiben auf der Oberfläche eine Benetzung erschweren.

Die Entfettung ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine einwandfreie Benetzung, daher sollte sie in jedem Fall erfolgen, unabhängig davon, ob eine weitere Oberflächenbehandlung erfolgt oder nicht.

Als **Lösemittel** eignen sich verschiedene Alkohole, Aceton und andere; nur in besonderen Fällen sollten die früher häufig verwendeten chlorierten Kohlenwasserstoffe (CKW) wie z.B. Chloroform, Methylenchlorid, Tri, Tetra usw. eingesetzt werden. CKW's sind gesundheitsschädlich und biologisch schwer abbaubar.

Zur Kontrolle der Entfettung kann destilliertes Wasser aufgetropft werden:



Chemische Vorbehandlung

Die vorgenannten Verfahren der Oberflächen-Vorbehandlung (Entfetten und Aufräumen) reichen in den meisten Fällen aus; sie sind auch verhältnismäßig einfach anzuwenden.

Für höchste Anforderungen ist eine weitergehende chemische Behandlung erforderlich. Die Festigkeitssteigerung beträgt bis zu 20 %. Chemikalienbäder eignen sich wegen ihrer komplizierten Handhabung (Herstellung, Gebrauch, Entsorgung) im Regelfall nicht für eine einzelne Anwendung, sondern nur für die Serie. Der Umgang damit stellt hohe Anforderungen an die Sorgfalt des Verarbeiters und ist nur Fachleuten zu empfehlen.

1.30

Cyanoacrylate-based adhesives (super glue) and epoxy resin exhibit superior adhesive properties on various materials and are used for bonding plastics, metals, wood, glass, concrete, ceramics, etc.

*The decisive properties affecting the **strength** of a glued bond are:*

- *the strength of the adhesive (cohesion),*
- *its adhesiveness to surfaces (adhesion).*

Preparing the surfaces for gluing

The surfaces are cleaned to remove any layers of solid substances such as dirt, rust, scale, paint, varnish, etc., adhering to them. The most common method of cleaning is by mechanical means (grinding and brushing). Layers of foreign matter must be regarded from the outset as an initial cause of glued bond failure, so even for less intensively loaded glued bonds, cleaning the surfaces is an essential measure if the bond is to develop its full design strength.

Priming

What is understood by this term is the removal of burr and, for larger glued surfaces, the parallel alignment of the parts' glued surfaces.

Degreasing

Organic solvents or hot (approx. 60 - 80 °C) water containing 1 - 3% of a liquid cleaning agent can be used to degrease surfaces. At the same time, however, it must be borne in mind that cleaning agents, for example, contain small quantities of silicone compounds which as a residue can prevent the adhesive from wetting the surfaces properly.

Degreasing is one of the most important measures if the adhesive is to wet the surfaces properly. Alone for this reason, the surfaces should always be degreased, irrespective of whether they will be subjected to further surface treatment or not.

*Suitable **solvents** are various alcohols, acetone, and others. Only in special cases should chlorinated hydrocarbons be used, for example chloroform, methylene chloride, TRI, carbon tetrachloride, etc., although these were frequently used substances in the past. Chlorinated hydrocarbons are harmful to health and resistant to biological degradation.*

Drops of distilled water can then be applied to the surfaces as a test of their degreased state.

Chemical pretreatment

The methods described above for pretreating the surfaces (degreasing and roughing) are in most cases adequate and are relatively simple to apply.

Yet for the most stringent requirements, further chemical treatment is necessary. The associated increase in strength can be as high as 20 %. Owing to their complex handling (manufacture, use, disposal), chemical baths are not as a rule suitable for a single application, but for series production only. Handling therefore places great demands on the care of the processor and is recommended for specialists only.

Gestaltung von Klebungen

Klebung müssen so gestaltet sein, daß die angreifenden Kräfte nicht zu einem Schälen oder Spalten in der Klebschicht führen können:



Schälung Peeling

Designing glued bonds

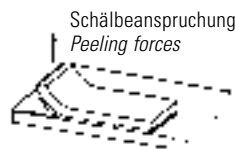
Glued bonds must be designed so that the forces applied to them cannot cause peeling or splitting in the adhesive layer:



Spaltung Splitting

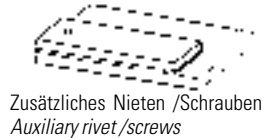
Konstruktive Möglichkeiten zur Vermeidung der Schälbeanspruchung

Examples of designs for counteracting peeling forces

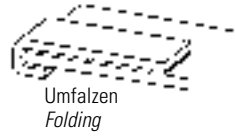


Schälbeanspruchung Peeling forces

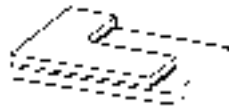
Mechanisches Verstärken eines Flügelteiles durch:
Mechanical reinforcement of bond through



Zusätzliches Nieten /Schrauben
Auxiliary rivet /screws



Umfalzen
Folding



Flächenvergrößerung
Increased area

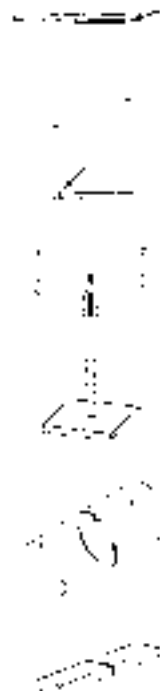


Steifigkeitserhöhung
Increased rigidity

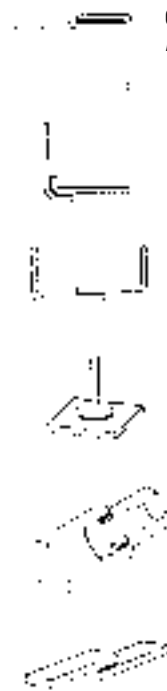
Beispiele für ungünstige und günstige klebetechnische Gestaltungen

Examples of designs promoting and impairing adhesive strength

Ungünstige Gestaltung
Impairing design



Günstige Gestaltung
Promoting design



Der Text enthält Auszüge und Grafiken aus dem Buch **Kleben** von Gerd Habenicht, Vieweg-Verlag

This section contains excerpts and illustrations from Gerd Habenicht's book **"Kleben"**, Vieweg-Verlag

*** Sicherheitshinweis: Achten Sie beim Herstellen von Säurebädern darauf, daß stets die Säure unter ständigem Rühren in das Wasser gemischt wird und nicht umgekehrt, da sonst heftige Reaktionen erfolgen können. Tragen Sie stets Schutzbrille, Schutzhandschuhe und Arbeitskleidung! Eine Augendusche muß bereitgestellt werden.**

ABS

Anschleifen und entfetten mit Methanol oder 5 - 20 Minuten ätzen* in einem warmen Bad aus:

- 1,0 l konzentrierter Schwefelsäure
- 14 g Kaliumbichromat
- 350 g Wasser

Anschließend spülen mit kaltem und warmem Wasser, trocknen.

Aluminium

und Aluminium-Legierungen

Anschleifen/sandstrahlen, anschließend entfetten oder 30 Minuten ätzen* in einem 60 °C warmen Bad aus:

- 1,0 l konzentrierter Schwefelsäure
- 0,5 kg Natriumdichromat
- 5,5 l Wasser

Anschließend mit Wasser abspülen und mit Warmluft trocknen. Verklebung sofort ausführen.

Beton

Sämtliche losen Teile an der Oberfläche, also Schmutz oder Zementschlamm, müssen abgebürstet werden. Der Staub wird am besten abgesaugt. Außer durch Schleifen wird die Oberfläche hauptsächlich durch Stahlkugel-Strahlen, Feuchtstrahlen, Wasserhochdruckstrahlen und Flammstrahlen vorbereitet.

Die früher gebräuchlichen chemischen Vorbehandlungen, meist das Ätzen mit Säuren, haben sich als äußerst problematisch erwiesen, denn es ist nicht auszuschließen, daß Säurereste im Beton verbleiben und zu Schäden führen.

Blei

Aufräumen mit Schleifpapier oder feiner Stahlwolle; mit Aceton entfetten, bis ein weißer Lappen sauber bleibt.

Chrom

und verchromte Teile

Aufräumen mit Schleifpapier oder durch Feinsandstrahlen.

Chemisch erfolgt die Vorbehandlung durch Ätzen* in einem Bad aus:

- 1,0 l konzentrierter Salzsäure
- 1,2 l Wasser

Die Fügeile werden 1 - 5 Minuten in das 90 °C warme Bad getaucht, dann mit kaltem und anschließend mit warmem Wasser gespült und getrocknet.

Edelmetalle

(Platin, Gold, Silber)

Entfetten und ggf. mit feinem Schleifpapier aufräumen.

Edelsteine/ Halbedelsteine

Entfetten

Faserverbundwerkstoffe

GFK/CFK/AFK mit duroplastischer Matrix aus Epoxyd-, Polyester-, Vinylester- und Polybismaleinimidharz. Hier genügt ein Aufräumen mit Schleifpapier sowie gründliches Entfetten mit Aceton und beseitigen eventueller Trennmittelreste.

Gips

Mit Schleifpapier aufräumen, Schleifstaub entfernen; Gips muß trocken sein!

1.32

*** NOTE ON SAFETY When preparing acid baths, make sure that at all times the acid is constantly mixed into the water and not vice versa, otherwise violent reactions can occur. Always wear goggles, protective gloves, and working clothes. An eyebath must be provided.**

ABS

Grind and degrease the surfaces with methanol, or etch* them for five to twenty minutes in a hot bath of

- 1.0 l concentrated sulphuric acid
- 14 g potassium bichromate
- 350 g water

Finally rinse with cold and hot water and then dry.

Aluminium

and aluminium alloys

Grind or sandblast, then degrease the surfaces or etch* them for thirty minutes in a 60 °C bath of:

- 1.0 l concentrated sulphuric acid
- 0.5 kg sodium dichromate
- 5.5 l water

Finally rinse with water, and dry with hot air. Immediately join the surfaces.

Concrete

All loose matter on the surface such as soiling or laitance must be brushed off. Dust is best removed with a vacuum cleaner. Besides grinding, the predominant measures for preparing the surface are shot peening, wet sandblasting, high-pressure hydroblasting, and flame blasting.

The chemical pretreatment methods used earlier, in most cases etching with acids, have proved extremely problematic: acid residue that is not washed out of the concrete causes damage.

Lead

Roughen the surfaces with abrasive paper or fine steel wool, and degrease them with acetone until a white cloth remains unstained.

Chromium

and chromium-plated parts

Roughen the surfaces with abrasive paper, or blast them with fine sand.

Chemical pretreatment involves etching* in a bath of:

- 1.0 l concentrated hydrochloric acid
- 1.2 l water

The parts to be joined are immersed for one to five minutes in a 90 °C bath, rinsed with cold and then hot water, and dried.

Precious metals

(platinum, gold, silver)

Degrease and, if necessary, roughen the surfaces with fine abrasive paper.

Precious / semi-precious stones

Degrease.

Fibre composites

GRP / CRP / ARP with a thermosetting matrix of epoxy, polyester, vinyl ester, and poly-bis-maleinimide resin. It proves sufficient to roughen the surfaces with abrasive paper, degrease them thoroughly with acetone, and remove any residue of release agents.

Plaster

Roughen the surfaces with abrasive paper, and remove the grinding dust. The plaster must be dry.

Glas/Quarz

Entfetten mit Aceton und mit feinem Schleifpapier mattschleifen oder chemische Vorbehandlung durch Ätzen* (15 - 20 Minuten) in einer Lösung aus:

- 1,0 kg Chromtrioxid
- 5,0 l destilliertes Wasser

Anschließend mit dest. Wasser waschen und bei einer Temperatur von 80 °C trocknen.

Graphit/Kohlenstoff

Aufrauen und entfetten mit Aceton; Lösemittel vor dem Klebstoffauftrag ablüften lassen.

Holz

Bei einer Holzfeuchtigkeit bis 10 % bedarf es keiner Vorbehandlung. Feuchteres Holz kann nicht verklebt werden.

Kautschuk

(Natur-Kautschuk)

Gründliches Aufrauen und Entfetten oder Klebeflächen ca. 2 - 10 Minuten mit konzentrierter Schwefelsäure* behandeln und anschließend mit kaltem und warmem Wasser abspülen.

Kautschuk

(Synthese-Kautschuk)

Vorbehandlung mit konzentrierter Schwefelsäure* wie beim Naturkautschuk (bis zu 20 Minuten). Sehr glatte Oberflächen müssen vor der Säurebehandlung aufgeraut werden. Sowohl bei Synthese- als auch bei Naturkautschuk erkennt man eine aus-reichende Vorbehandlung daran, daß beim Umbiegen des Gummis feine Haarrisse sichtbar werden.

Keramik

Aufrauen mit Schleifpapier (Siliciumcarbid) oder Feinsandstrahlen.

Kupfer

und Kupfer-Legierungen

Aufrauen mit Schleifpapier und entfetten oder chemische Vorbehandlung (1 - 2 Minuten bei Raumtemperatur) in einem Bad aus:

- 1,0 l Eisen-III-chlorid (42 %ige Lösung)
- 2,0 l konzentrierte Salpetersäure
- 13,0 l Wasser

Wie bei allen Ätzbädern*, muß auch hier zunächst mit kaltem und dann mit warmem Wasser gespült werden.

Leder

Aufrauen und entfetten.

Magnesium

und Magnesium-Legierungen

Aufrauen mit Schleifpapier und entfetten, Klebstoff sofort auftragen, da sonst die Oberfläche wieder oxidiert oder chemische Vorbehandlung (ca. 5 Minuten) in einer 75 °C warmen Lösung* aus:

- 1,0 kg Natriumhydroxid
- 8,0 l Wasser

anschließend wird mit kaltem Wasser gespült und in folgender Lösung geätzt*:

- 1,0 kg Chromsäure
- 10,0 l Wasser
- 6 g Natriumsulfat

Anschließend erfolgt eine Spülung mit kaltem und warmem Wasser sowie die Trocknung. Klebstoff sofort auftragen.

Glass / quartz

Degrease the surfaces with acetone, and dull them with fine abrasive paper. Alternatively, chemical pretreatment for fifteen to twenty minutes in an etching bath solution of*

- 1.0 kg chromium trioxide
- 5.0 l distilled water

Finally the surfaces are washed with distilled water and dried at a temperature of 80 °C.

Graphite / carbon

Roughen and degrease the surfaces with acetone. Before applying the adhesive, allow any air trapped in the solvent to escape.

Wood

No pretreatment is required when the wood moisture content does not exceed 10%. Wood with a higher moisture content cannot be bonded.

Rubber

(natural rubber)

The surfaces must be roughened thoroughly and degreased or treated for about two to ten minutes with concentrated sulphuric acid before being rinsed with cold and hot water.*

Rubber

(synthetic rubber)

Like natural rubber, the surfaces are pretreated with concentrated sulphuric acid for up to twenty minutes. Very smooth surfaces must be roughened before this acid treatment. One reliable indication of adequate pretreatment on both synthetic and natural rubbers is hairline cracks when the rubber is flexed.

Ceramic

Roughen the surfaces with abrasive paper (silicon carbide), or blast them with fine sand.

Copper

and copper alloys

Roughen the surfaces with abrasive paper and degrease them. Alternatively, chemical pretreatment for one to two minutes at room temperature in a bath of

- 1.0 l iron trichloride (42 % solution)
- 2.0 l concentrated nitric acid
- 13.0 l water

As with all etching baths, the part must first be rinsed with cold and then hot water.*

Leather

Roughen and degrease the surfaces.

Magnesium

and magnesium alloys

Roughen the surfaces with abrasive paper, and degrease them. The adhesive must be applied immediately, otherwise the surface will again oxidise. Alternatively, chemical pretreatment for about five minutes in a 75 °C solution of*

- 1.0 kg sodium hydroxide
- 8.0 l water

The surfaces are then rinsed with cold water and etched in the following solution:*

- 1.0 kg chromic acid
- 10.0 l water
- 6 g sodium sulphate

Finally the surfaces are rinsed with cold and hot water and dried. The adhesive must be applied immediately afterwards.

Messing

Anschleifen und entfetten.

Nickel

Anschleifen und entfetten oder ca. 5 Sekunden mit konzentrierter Schwefelsäure* behandeln, mit klarem kaltem und warmem Wasser spülen und trocknen.

Nylon/Polyamide

Anschleifen/feinsandstrahlen und entfetten mit Aceton.

Polyester-Formstoffe

Aufrauen mit Schleifpapier und entfetten mit Aceton.

Polyethylen/Polypropylen

Die Verklebung dieser thermoplastischen Kunststoffe ist sehr schwierig. In keinem Falle werden die Festigkeiten von Metallverklebungen erreicht.

Zunächst werden die Teile mit Aceton entfettet und in einem Bad nach folgender Rezeptur geätzt*:

- 1,0 kg konzentrierte Schwefelsäure
- 80 g Kaliumbichromat
- 50 g Wasser

PE und PP wird bei einer Badtemperatur von 70 °C ca. 2 Minuten behandelt, anschließend mit Wasser gespült und getrocknet. Neben der chemischen ist auch eine thermische Vorbehandlung möglich. Dazu wird die Oberfläche mit einer nicht leuchtenden Gasflamme kurzzeitig leicht abgeflammt, bis sie blank erscheint. Das Schmelzen des Kunststoffes ist zu vermeiden.

Polystyrol-Schaumstoffe

Schmutz abschleifen, Schleifstaub absaugen.
Saubere Oberflächen benötigen keine Vorbehandlung.

Polyurethan-Schaumstoffe

Schmutz abschleifen, Schleifstaub absaugen.
Saubere Oberflächen benötigen keine Vorbehandlung.

Magnesium

und Magnesium-Legierungen

Aufrauen mit Schleifpapier und entfetten, Klebstoff sofort auftragen, da sonst die Oberfläche wieder oxidiert oder chemische Vorbehandlung (ca. 5 Minuten) in einer 75 °C warmen Lösung* aus:

- 1,0 kg Natriumhydroxid
- 8,0 l Wasser

anschließend wird mit kaltem Wasser gespült und in folgender Lösung geätzt*:

- 1,0 kg Chromsäure
- 10,0 l Wasser
- 6 g Natriumsulfat

Anschließend erfolgt eine Spülung mit kaltem und warmem Wasser sowie die Trocknung. Klebstoff sofort auftragen.

PTFE

(wie z.B. Teflon®)

Die Verklebung ist sehr schwierig. Zunächst wird ein Tränkbad nach folgender Rezeptur hergestellt:

In 1 l Tetrahydrofuran werden 130 g Naphtalin gelöst. Anschließend gibt man 23 g in kleine Würfel geschnittenes metallisches Natrium bei. Nach 2 Stunden ist die Lösung gebrauchsfertig. Die Lagerstabilität beträgt ca. 2 Monate. Die Füge­teile werden mit Aceton entfettet und dann 15 Minuten in das Natrium-Naphtalin-Bad getaucht. Danach wird gründlich mit Aceton gewaschen und mit Wasser gespült. Durch die Behandlung verändert sich die Oberfläche des PTFE und verfärbt sich schwarz-braun.

Brass

Grind and degrease the surfaces.

Nickel

Grind and degrease the surfaces, or treat them for approx. five seconds with concentrated sulphuric acid*. The surfaces are then rinsed under clear hot and cold water and dried.

Nylon / polyamides

Grind, fine-sandblast, and degrease the surfaces with acetone.

Moulded polyester material

Roughen the surfaces with abrasive paper, and degrease them with acetone.

Polyethylene/polypropylene

These thermoplastics are bonded only with great difficulty. In no event are the strengths of metal bonds obtained.

The parts are first degreased with acetone and etched* in a bath with the following constituents.

- 1.0 kg concentrated sulphuric acid
- 80 g potassium bichromate
- 50 g water

PE and PP are treated in a 70 °C bath for about two minutes, then rinsed with water and dried. Pretreatment is not restricted to chemical processes, heat can also be used. In this case, the surface is briefly held in a non-luminous gas flame until it appears polished. The plastic should not be allowed to melt.

Polystyrene foams

Grind off soiling, suction off grinding dust.
Clean surfaces do not have to be pretreated.

Polyurethane foams

Grind off soiling, suction off grinding dust.
Clean surfaces do not have to be pretreated.

Magnesium

and magnesium alloys

Roughen the surfaces with abrasive paper, and degrease them. The adhesive must be applied immediately, otherwise the surface will again oxidise. Alternatively, chemical pretreatment for about five minutes in a 75 °C solution* of

- 1.0 kg sodium hydroxide
- 8.0 l water

The surfaces are then rinsed with cold water and etched* in the following solution:

- 1.0 kg chromic acid
- 10.0 l water
- 6 g sodium sulphate

Finally the surfaces are rinsed with cold and hot water and dried. The adhesive must be applied immediately afterwards.

PTFE

(for example Teflon®)

PTFE is bonded only with great difficulty. First of all, an impregnating bath is prepared with the following constituents. First, 130 g of naphthalene are dissolved in one litre of tetrahydrofuran. Now 23 g of finely diced sodium metal are added. After two hours the solution is ready for use. The shelf life is about two months. The parts to be joined are degreased with acetone and then immersed for fifteen minutes in the sodium-naphthalene bath. Afterwards, the parts are washed thoroughly with acetone and rinsed with water. This treatment causes the surface of PTFE to turn a blackish brown colour.

1.34

PVC (hart)

Anschleifen und entfetten mit Methanol.

PVC-Schaumstoffe

Eventuell vorhandene Trennmittelreste durch Abschleifen entfernen. Schleifstaub absaugen oder abkehren.

Silikonkautschuk-Abformmasse

Entfetten mit Aceton und verkleben mit Methyl- oder Ethyl-Cyanacrylaten (R&G Sekundenkleber).

Stahl

Aufrauen und entfetten mit Aceton oder Behandlung in einem Ätzbad* aus:

- 1,0 l Phosphorsäure (ca. 90 %ig)
- 0,5 l Methylalkohol

Die Teile werden ca. 10 Minuten in das 60° C warme Bad getaucht. Der entstehende schwarze Belag wird unter fließendem kaltem Wasser abgebürstet.

Stahl (rostfrei, Chromstahl, Chromnickelstahl etc.)

Anschleifen/feinsandstrahlen und entfetten mit Aceton oder 10 Minuten ätzen* in einem 80° C warmen Bad aus:

- 1,0 kg Oxal-Säure
- 0,87 kg konzentrierter Schwefelsäure
- 5,0 l Wasser

Anschließend wird die Oberfläche unter fließendem Wasser von dem entstandenen schwarzen Belag befreit und getrocknet. Verklebung unmittelbar nach der Vorbehandlung.

Stahl (verzinkt)

Aufrauen und entfetten mit Aceton oder 2 - 4 Minuten ätzen* in einem Bad aus:

- 1,0 Liter konzentrierter Salzsäure
- 5,7 Liter Wasser

Anschließend spülen in warmem und kaltem Wasser, trocknen.

Titan

Anschleifen und entfetten mit Aceton.

Wolfram

Anschleifen und entfetten mit Aceton oder ätzen* in einer Lösung aus:

- 10 g Flußsäure
- 60 g konzentrierte Salpetersäure
- 100 g konzentrierte Schwefelsäure
- 30 g Wasser

Anschließend spülen und trocknen.

Zink

und Zink-Legierungen

Hier empfiehlt sich neben dem Anschleifen eine chemische Behandlung durch Eintauchen der Teile in eine Lösung* aus:

- 1,0 l konzentrierter Salzsäure
- 5,7 l Wasser

Anschließend abspülen und trocknen.

PVC (hard)

Grind and degrease the surface with methanol.

PVC foams

Grind off the surface to remove any residue of release agents. Brush or suction off grinding dust.

Silicone rubber moulding compound

Degrease the surfaces with acetone before joining them with methyl or ethyl cyanoacrylate (R&G superglues).

Steel

Roughen and degrease the surfaces with acetone or treat them in an etching bath* of

- 1.0 l phosphoric acid (approx. 90 %)
- 0.5 l methyl alcohol

The parts are immersed in the 60 °C bath for about ten minutes. Black smut is brushed off under running cold water.

Steel (stainless, chromium steel, chromium nickel steel, etc.)

Grind or fine-sandblast and degrease the surfaces with acetone, or etch* them for ten minutes in an 80 °C bath of

- 1.0 kg oxalic acid
- 0.87 kg concentrated sulphuric acid
- 5.0 l water

Finally the surface is held under running water, brushed clean of black smut, and dried.

The surfaces are joined immediately after the pretreatment.

Steel (galvanised)

Roughen and degrease the surfaces with acetone, or etch* them for two to four minutes in a bath of:

- 1.0 l concentrated hydrochloric acid
- 5.7 l water

The surfaces are finally rinsed in hot and cold water and dried.

Titanium

Grind and degrease the surfaces with acetone.

Tungsten

Grind and degrease the surfaces with acetone, or etch* them in a solution of

- 10 g hydrofluoric acid
- 60 g concentrated nitric acid
- 100 g concentrated sulphuric acid
- 30 g water

Finally rinse and dry.

Zinc

and zinc alloys

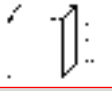

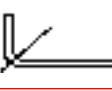
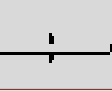
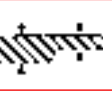


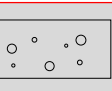
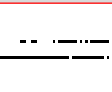
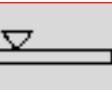
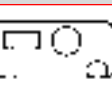

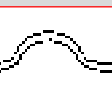


We recommend in addition to grinding the surfaces a chemical treatment, whereby the parts are immersed in a solution* of

- 1.0 l concentrated hydrochloric acid
- 5.7 l water

Finally rinse and dry.

GEBRÄUCHLICHE FERTIGUNGSVERFAHREN CUSTOMARY MANUFACTURING METHODS

1

		Handlaminieren <i>Hand lay-up</i>	Wickeln <i>Winding</i>	Faserspritzen <i>Spray lay-up</i>	Strangziehen <i>Pultrusion</i>	Vakuumpressen <i>Vacuum press moulding</i>
Investitionskosten <i>Capital costs</i>		gering <i>low</i>	hoch <i>high</i>	mittel <i>medium</i>	hoch <i>high</i>	mittel <i>medium</i>
Lohnkosten <i>Labour costs</i>		sehr hoch <i>very high</i>	gering <i>low</i>	hoch <i>high</i>	gering <i>low</i>	hoch <i>high</i>
Stückzahlen¹⁾ <i>Piece numbers¹⁾</i>		klein bis mittel <i>small to medium</i>	mittel <i>medium</i>	mittel <i>medium</i>	hoch <i>high</i>	klein bis mittel <i>small to medium</i>
Bauteilgröße <i>Component size</i>		jede Größe <i>any size</i>	jede Größe <i>any size</i>	jede Größe/any size < 1m ² unüblich/unusual	endlos <i>continuous</i>	bis 10 m ² üblich <i>up to 10 m² usual</i>
Hinterschneidungen <i>Undercuts</i>		geteilte Formen <i>split moulds</i>	nicht möglich <i>not possible</i>	geteilte Formen <i>split moulds</i>	in Ziehrichtung <i>in pulling direction</i>	geteilte Formen <i>split moulds</i>
Mindestradien <i>Minimum radii</i>		ca. 1 mm <i>approx. 1 mm</i>	ca. 10 mm <i>approx. 10 mm</i>	ca. 5 mm <i>approx. 5 mm</i>	keine <i>none</i>	ca. 0,5 <i>approx. 0.5 mm</i>
übliche Wanddicken <i>Usual wall thickness</i>		0,1 - 10 mm <i>0,1 - 10 mm</i>	1 - 10 mm <i>1 - 10 mm</i>	2 - 10 mm <i>2 - 10 mm</i>	0,5 - 20 mm <i>0,5 - 10 mm</i>	0,1 - 5 mm <i>0,1 - 5 mm</i>
Wanddickensprünge <i>Sectional transitions</i>		möglich <i>possible</i>	möglich <i>possible</i>	möglich <i>possible</i>	praktisch unmöglich <i>practically impossible</i>	möglich <i>possible</i>
Faser-Volumenanteil <i>Fibre volume fraction</i>		bis 50% <i>max 50%</i>	bis 70% <i>max 70%</i>	bis 20% <i>max 20%</i>	bis 80% <i>max 80%</i>	> 80% <i>> 80%</i>
Fasorientierung <i>Fibre orientation</i>		möglich <i>possible</i>	möglich bis ca ± 30° <i>possible up to approx. ±30°</i>	nicht möglich <i>not possible</i>	Bänder/Tapes 0/90° Rovings in Zugrichtung <i>Rovings in pulling direction</i>	möglich <i>possible</i>
Luftporengehalt <i>Air voids content</i>		1 - 3% <i>1 - 3%</i>	0,5 - 2% <i>0,5 - 2%</i>	2 - 3% <i>2 - 3%</i>	2 - 3% <i>2 - 3%</i>	0 - 2% <i>0 - 2%</i>
Deckschicht <i>Overlay</i>		einseitig üblich <i>usual on one side</i>	unüblich <i>unusual</i>	einseitig üblich <i>usual on one side</i>	nicht möglich <i>not possible</i>	einseitig üblich <i>usual on one side</i>
Oberfläche <i>Surface treatment</i>		einseitig glatt <i>smooth on one side</i>	unüblich <i>unusual</i>	einseitig glatt <i>smooth on one side</i>	nicht möglich <i>not possible</i>	einseitig glatt <i>smooth on one side</i>
Durchbrüche <i>Apertures</i>		möglich <i>possible</i>	unüblich <i>unusual</i>	möglich <i>possible</i>	nicht möglich <i>not possible</i>	möglich <i>possible</i>
Einlegeteile (z.B. Stützstoffe) <i>Inserts (e.g. support materials)</i>		möglich <i>possible</i>	bedingt möglich <i>possible with restrictions</i>	möglich <i>possible</i>	möglich <i>possible</i>	möglich <i>possible</i>
Sicken <i>Beads</i>		möglich <i>possible</i>	bedingt möglich <i>possible with restrictions</i>	möglich <i>possible</i>	möglich <i>possible</i>	möglich <i>possible</i>
Rippen <i>Ribs</i>		möglich <i>possible</i>	nicht möglich <i>not possible</i>	möglich <i>possible</i>	möglich <i>possible</i>	möglich <i>possible</i>
Nachbearbeitung²⁾ <i>Finishing²⁾</i>		besäumen <i>trimming</i>	trennen <i>parting</i>	besäumen <i>trimming</i>	trennen <i>parting</i>	besäumen <i>trimming</i>

¹⁾ **klein** = Prototypen und Einzelstücke, **mittel** = einige hundert bis tausend Teile, **groß** = >1000 Teile
small = prototypes and single pieces; *medium* = several hundred to a thousand pieces; *large* = over 1000 pieces

²⁾ **Besäumen** = Abschneiden des Randes z.B. mittels Stichsäge, Trennscheibe, Laser oder Hochdruck-Wasserstrahl. **Trennen** = Ablängen, Kappen mittels Säge.
Trimming = the edges are removed, e.g. with a compass saw, cutting-off wheel, laser, or high-pressure water jet; *parting* = cutting off or to length with a saw

(Grafiken aus/Diagrams from „Faserverbundkunststoffe“, Hanser-Verlag)

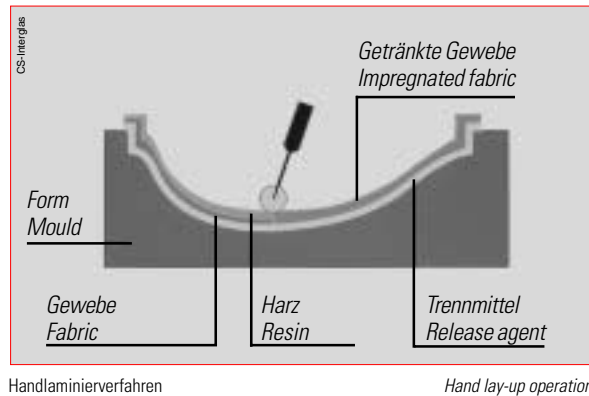
1.36

HANDLAMINIEREN

Das Handlaminieren ist das älteste, einfachste und am weitesten verbreitete Verfahren. Es genügen minimale technische Voraussetzungen, weshalb es hauptsächlich für kleinere Serien, einfachere Bauteilgeometrien und für den Formenbau angewandt wird. Typische Bauteile sind Segelflugzeuge, Flugmodelle, Boote, Behälter und Prototypen aller Art. Die Formen dazu werden ebenfalls handlaminieren. Bei Verwendung von Formenharzen lassen sich hohe Oberflächengüten erreichen. Die Aushärtung erfolgt fast immer drucklos bei Raumtemperatur. Erhöhte Temperaturen bei der Aushärtung sind nur dann erforderlich, wenn Formen und Bauteile später einer höheren Wärmebelastung ausgesetzt sind (> ca. 60 °C).

HAND LAY-UP

The hand lay-up is the oldest, simplest, and most common method. Only minimum technical requirements need to be fulfilled, which is why it is primarily applied on minor series, less complex component geometries, and mould construction. Typical components are gliders, model aircraft, boats, vessels, and prototypes of all kinds. The moulds to manufacture these are also laid up by hand. Good surface qualities can be obtained when mould resins are used. The mould is almost always cured without the application of pressure at room temperature. Higher temperatures for curing are required only when the moulds and components are subjected to a more intensive heat load (> approx. 60 °C) at a later point.



Arbeitsschritte

1. Auftragen eines **Trennmittels** auf die Formoberfläche.
2. Einstreichen- oder spritzen einer **Deckschicht** auf Epoxyd- oder Polyesterbasis (z.B. UP-Vorgelat).
3. Nach dem Angelieren der Deckschicht (wird auch als Feinschicht oder Gelcoat bezeichnet) werden die nachfolgenden Gewebelagen schichtweise naß-in-naß aufgebracht.

Deckschichten aus UP-Vorgelat werden über Nacht durchgehärtet, bevor mit Epoxydharz weiterlaminieren wird.

Zum **Laminieren** wird zunächst eine Harzschicht aufgetragen. Danach werden die Gewebeverstärkungen eingelegt und sorgfältig mit Harz durchtränkt. Als Werkzeuge dienen vor allem Pinsel und Rillenroller/Velourwalzen.

4. Den **Abschluß** bildet oft ein Abreißgewebe. Das aus Nylonfasern bestehende Gewebe läßt sich nach dem Aushärten des Harzes abschälen ("abreißen") und erzeugt dabei eine definiert rauhe, saubere und klebfreie Oberfläche zur weiteren Verarbeitung (z.B. zum Verkleben).
5. Die **Aushärtung** der Lamine erfolgt meist drucklos bei Raumtemperatur. Lediglich bei optimierten Leichtbauteilen, vor allem Sandwichbauteilen mit einem leichten Kern aus Schaum oder Waben, wird im Vakuum unter Druck gehärtet. Bestimmte Harzsysteme, vor allem Harze für den Flugzeugbau, benötigen zur optimalen Durchhärtung höhere Temperaturen. Die Bauteile werden entweder in der Form oder nach dem Entformen zusätzlich getempert. Die hierfür erforderlichen Temperaturen liegen, je nach Harzsystem, meist bei 50 - 230 °C.
6. Nach der vollständigen Durchhärtung der Teile erfolgt die weitere **Bearbeitung**, z.B. durch Besäumen, Schleifen, Kleben.

Procedure

1. A **release agent** is applied to the mould surface.
2. An epoxy- or polyester-based **overlay** (e.g. UP pre-gel) is spread or sprayed on this agent.
3. As soon as the overlay starts to gel to form the so-called gel coat, the following fabric layers are applied on top of each other "wet-in-wet".

Overlays of UP pre-gel are cured thoroughly overnight before further laminating operations are continued with epoxy resin.

Laminating first involves the application of a resin layer. Afterwards, the fabric reinforcements are immersed and carefully impregnated with resin. The most commonly used tools are brushes and grooved or non-woven rollers.

4. The **edge** is often formed by a tear-off fabric. This fabric of nylon fibres can be peeled off (hence the name) after the resin has cured, creating in the process a clean and adhesive-free surface of predefined roughness for further processing (e.g. for glued bonds).
5. The laminates are **cured** in most cases without the application of pressure at room temperature. Only optimised lightweight components, above all sandwich components with a lightweight core of foam or honeycombs, are cured under pressure in a vacuum. Particular resin systems, and especially resins for aircraft construction, require higher temperatures for optimal curing. In addition, the components are annealed either when still in the mould or after they have been demoulded. Depending on the resin system, the required temperatures in most cases lie between 50 and 230 °C.
6. Once the parts have completely cured, they are then subjected to further **mechanical processing**, e.g. trimming, grinding, gluing.

Geeignete Materialien

Als Matrix (Bettungsmasse) werden flüssige Harze verarbeitet, vor allem Epoxyd- und Polyesterharze.

Zur Verstärkung eignen sich die speziell für diesen Zweck hergestellten und oberflächenbehandelten Glas-, Aramid- und Kohlefasern. Diese werden in einer Vielzahl geeigneter textiler Produkte angeboten. Die wichtigsten sind Rovings, Gewebe, Gelege, Bänder, Schläuche, Litzen, Vliese, Matten und Schnitzel.

Erreichbarer Faservolumengehalt:

- Bei Mattenlaminaten ca. 15 - 20 Vol.-%
- Bei Geweben ca. 40 - 50 Vol.-%

Klimatisierung des Arbeitsraumes:

- Min. 20 °C Raumtemperatur
- Luftfeuchtigkeit um 60 %
- Gute Be- und Entlüftung

Merkmale des Handlaminierverfahrens:

- Geringer Werkzeugaufwand
- Geringe Investitionskosten
- Für kleinere und mittlere Serien bis ca. 1000 Stück gut geeignet
- Lohnintensiv, da überwiegend Handarbeit

Suitable materials

Liquid resins, above all epoxy and polyester resins, are used for the matrix.

Suitable materials for the reinforcements are surface-treated glass, aramid, and carbon fibres manufactured specifically for this purpose. These are offered in a great number of suitable textile products. The most important are rovings, fabrics, inlays, tapes, tubes, strands, non-wovens, mats, and chopped fibres.

Obtainable fibre volume content:

- With mat laminates approx. 15 - 20 %vol
- With fabrics approx. 40 - 50 %vol

Ambient conditions:

- Min. 20 °C room temperature
- Air humidity about 60 %
- Good ventilation

Features of hand lay-up operations:

- Low mould costs
- Low capital costs
- Ideal for smaller and medium-size series up to about 1000 pieces
- Wage-intensive owing to high labour content



Handlaminieren von Glas-, Aramid- und Kohlenstoff-Filamentgeweben im Flugzeugbau

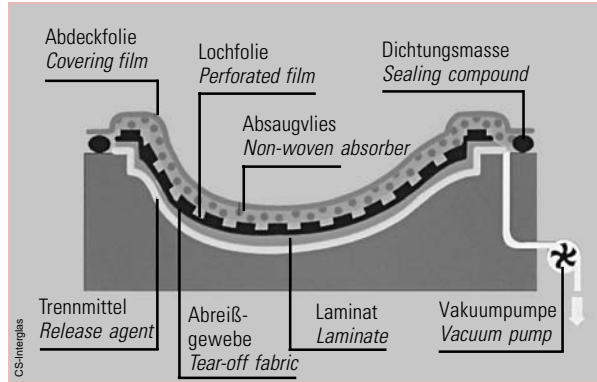
Hand lay-up of glass, aramid, and carbon filament fabrics in aircraft construction

VAKUUMPRESSEN

Beim Vakuumpressen wird das zuvor handlamierte Bauteil mit der Form in einen Foliensack geschoben (nur bei kleinen Teilen möglich) oder mit einer Folie abgedeckt, die am Formenrand luftdicht aufgeklebt wird. Durch Absaugen der Luft presst sich die Folie auf das Laminat und drückt es gegen die Form. Der max. erreichbare Druck ist der Umgebungs-Luftdruck und beträgt ca. 1 bar. Die P3-Pumpe von R&G beispielweise erzeugt ein Vakuum von ca. 0,9 bar, dies entspricht einem Preßdruck von 9 t/m²!

VACUUM PRESS MOULDING

In vacuum press moulding, the hand lay-up component together with the mould is inserted into a film bubble (possible with small parts only) or covered with a film that is glued to the edges of the mould to form an airtight seal. When the air is evacuated, the film presses against the laminate, pushing it into the mould. The max obtainable pressure is the pressure of the surrounding air, i.e. 1 bar. The P3 pump from R&G, for example, generates a vacuum of approx. 0.9 bar, which corresponds to a moulding pressure of nine tonnes per square metre.



Handlaminierverfahren mit Vakuumhärtung Hand lay-up operations with vacuum curing

Das Vakuumpressen wird vor allem angewandt um:

- Den Faseranteil des Laminates zu erhöhen, also um überschüssiges Harz herauszudrücken.
- Leichte Stützstoffe wie z.B. Schaumkunststoffe oder Waben mit hochfesten Deckschichten aus Harz und Gewebe zu verkleben und so ein extrem leichtes und steifes Bauteil herzustellen.

Um diese Ergebnisse zu erzielen, muß das Bauteil mit gleichmäßigem Druck gepreßt werden. Dazu wird das Laminat zunächst mit Abreißgewebe und einer nichthaftenden Lochfolie abgedeckt. Darauf wird ein luftdurchlässiges Vlies gelegt, das die Aufgabe hat, das Vakuum gleichmäßig zu verteilen und überschüssiges Harz aus dem Laminat aufzusaugen. So wird ein hoher und gleichmäßiger Fasergehalt im Bauteil erzielt.

Die **Formen** werden beim Vakuumieren nicht besonders hoch belastet, so daß sie wie schon beim Handlaminierverfahren relativ leicht aufgebaut sein können.

Die Aushärtung erfolgt meist bei Raumtemperatur. Eine anschließende Temperung der Bauteile ist, wie schon bei Handlaminaten, noch in der Form oder nach dem Entformen möglich.

Vacuum press moulding is used primarily:

- To increase the fibre volume fraction in the laminate, i.e. to press out excess resin.
- To glue lightweight support materials, e.g. cellular plastics or honeycombs with high-tensile overlays of resin and fabric, for manufacturing an extremely lightweight and rigid component.

This can be achieved only when the component is moulded under a constant pressure. First of all, the laminate is covered with a tear-off fabric and a non-adhesive perforated film. Placed on this is an air-permeable non-woven which serves to apply the vacuum uniformly and to soak up the excess resin from the laminate. The result is a high and uniform fibre content in the component.

Evacuating the air does not place particularly high loads on the **moulds** so that they are relatively simple to lay up just as in hand lay-up operations.

In most cases, the mould is cured at room temperature. As with hand lay-up laminates, the components can then be annealed either when still in the mould or after demoulding.



Flügelschale eines UL-Flugzeuges im Vakuum. Skin of a microlight wing in vacuum

Merkmale des Vakuumverfahrens:

- Geringer Zeitaufwand
- Mittlere Investitionskosten
- Arbeitsintensiv
- Hohe Festigkeiten der Bauteile

Features of vacuum moulding:

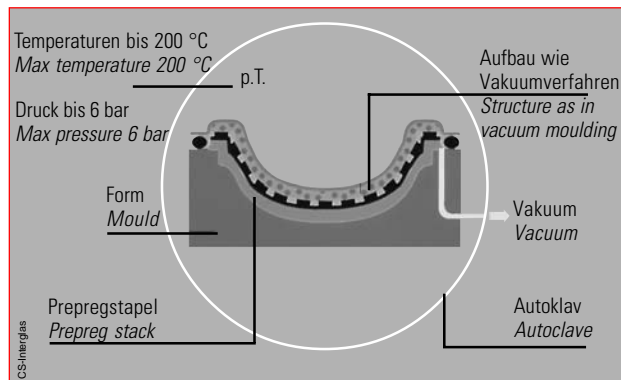
- Low mould costs
- Medium capital costs
- Labour-intensive
- High tensile strengths for the components

AUTOKLAV - VERFAHREN

Das Autoklav-Verfahren ist eines der teuersten und aufwendigsten Verarbeitungsverfahren. Es wird in der Regel nur beim Einsatz von Prepregs angewandt. **Prepregs** sind mit einem speziellen Harz vorimpregnierte (**Preimpregnated**) und "angehärtete" Verstärkungsgewebe, die von spezialisierten Firmen (den sogenannten Prepregern) nach Kundenwunsch gefertigt werden.

Aus Prepregs lassen sich komplizierte, mechanisch und thermisch hochbelastbare Bauteile pressen. Der Faservolumengehalt liegt dabei über 60%, der Luftporengehalt ist äußerst gering.

Aufgrund der hohen Kosten wird das Autoklav-Verfahren hauptsächlich zur Herstellung komplexer Bauteile mit höchsten Anforderungen z.B. in der Luft- und Raumfahrt (Airbus) sowie im Rennsport (Formel 1) eingesetzt.



Autoklav-Verfahren

Autoclave moulding

Arbeitsschritte

1. Ablegen der einzelnen Prepreg-Lagen (manuell oder mittels Tapelegemaschine)
2. Abdecken mit Lochfolie, Saugvlies und Vakuumfolie
3. Vakuum anlegen (Dichtheit prüfen)
4. Aufbau in den Autoklaven bringen
5. Aushärten unter Druck und hoher Temperatur
6. Abkühlen
7. Belüften und Entnehmen

Während beim "normalen" Vakuumverfahren ein max. Druck von 1 bar erreicht wird (nämlich der Umgebungsluftdruck) kann der Autoklav, der ja ein Druckgefäß darstellt, einen Druck von > 6 bar auf das Laminat bringen.

Um Prepregs aushärten zu können, wird im Autoklav üblicherweise eine Temperatur von 170 °C erzeugt.

Formen

- GFK, Metall, Holz, Gips
- Für die Herstellung großer, sphärisch geformter CFK-Bauteile werden meist CFK-Formen verwendet, da aufgrund der annähernd gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Form und Bauteil der Verzug der Bauteile äußerst gering ist.

Merkmale des Autoklav-Verfahrens:

- Hohe Investitionen erforderlich
- Arbeitsintensiv
- Lange Taktzeiten (bedingt durch den manuellen Aufbau, Aufheiz- und Härtezyklus bis zu 7 h).
- Höchste Festigkeit der Bauteile

1.40

AUTOCLAVE MOULDING

Autoclave moulding is one of the most costly and complex processing methods. As a rule, it is applied only when prepregs are used. Manufactured on request by specialised firms (so-called prepreggers), **prepregs** are reinforcing fabrics **preimpregnated** with a special, partially cured resin.

Complex components of high mechanical strength and thermal resistance can be moulded from prepregs. Moreover, their fibre volume content is over 60% and the air voids content extremely low.

Owing to the high costs involved, autoclave moulding is used predominantly for the manufacture of complex components meeting with the highest requirements, e.g. in aerospace (airbus) and in racing (Formula1).

Procedure

1. The prepregs are laid in place (either by hand or with a tape laying machine).
2. They are then covered with a perforated film, non-woven absorber, and vacuum film.
3. The vacuum is generated (and the bubble checked for leaks).
4. The structure is placed in the autoclave.
5. The structure cures under pressure and high temperature.
6. The structure cools.
7. The autoclave is ventilated, and the structure taken out.

Whereas a max pressure of 1 bar (i.e. the ambient pressure) is achieved with "normal" vacuum moulding, the autoclave, which acts as a pressure vessel, can apply a pressure greater than 6 bar to the laminate.

So that prepregs can cure completely, the temperature usually generated in the autoclave is 170 °C.

Moulds

- GRP, metal, wood, plaster
- For the manufacture of large spherical components of CRP, the material used for the moulds is in most cases also CRP. The reason is that both the mould and the component then exhibit approximately equal coefficients of thermal expansion, so component warpage is reduced to a negligible minimum.

Features of autoclave moulding:

- High investments necessary
- Labour-intensive
- Long cycle times (owing to the manual lay-up as well as the heating and curing cycles of up to seven hours)
- Highest tensile strengths for the components

INJEKTIONSVERFAHREN

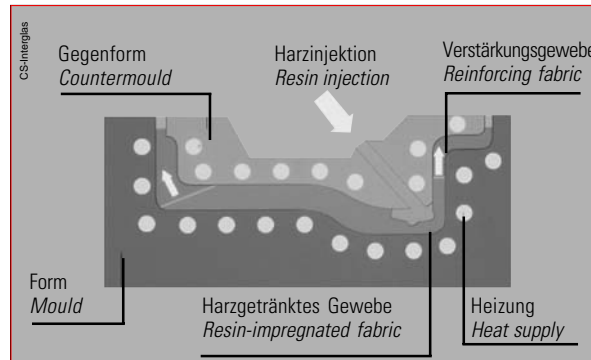
Beim Injektionsverfahren wird zunächst das trockene Verstärkungsmaterial in die Form eingelegt. Die Imprägnierung mit Harz erfolgt erst nach dem Schließen der Form, indem die Matrix (Harz) in die Form eingespritzt oder eingesaugt wird.

Als **RTM** (Resin Transfer Moulding) bezeichnet man das Verfahren, bei dem die Harz/Härter-Mischung aus einem Vorratsbehälter in die Form eingebracht wird, während beim **RIM** (Resin Injection Moulding)-Verfahren die hochreaktiven Komponenten erst unmittelbar vor dem Einspritzen gemischt werden.

INJECTION MOULDING

With injection moulding, the dry reinforcing material is placed in the mould. This material is first impregnated with resin after the mould has closed. The resin for the matrix is then either injected or sucked into the mould.

RTM, or resin transfer moulding, is the method of introducing the mixture of resin and hardener into the mould from a store tank, whereas RIM, or resin injection moulding, mixes the highly reactive components directly before they are injected.



Injektionsverfahren

Injection moulding

Für die Herstellung komplizierter Bauteile ist es sinnvoll, vorgeformte Verstärkungsmaterialien zu verwenden. Hauptsächlich werden thermoplastisch gebundene Matten und Gewebe eingesetzt, die vorher durch Wärme vorgeformt wurden. Eine zweite Variante sind geflochtene- oder gewickelte "Vorformlinge", die auf einem Formkern mit wechselndem Durchmesser aufgebaut werden.

Aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeit des Harzes und der Fixierung der Fasern bleibt die vorgesehene Faserorientierung erhalten, was zu reproduzierbar guten mechanischen Eigenschaften der Bauteile führt.

Geeignete Materialien

Als Matrix (Bettungsmasse) werden niedrigviskose Epoxyd- und Polyesterharze verarbeitet. Zur Verstärkung eignen sich die speziell für diesen Zweck hergestellten und oberflächenbehandelten Glas-, Aramid- und Kohlefasern in Form von Geweben, Gelegen, Bändern, Vliesen und Matten.

Formen

- GFK- oder Aluminiumformen bei Prototypen und Kleinserien (im RTM-Verfahren)
- Beheizte Stahl- oder Aluminiumformen bei größerer Stückzahl (im RIM-Verfahren)

Merkmale des Injektionsverfahrens:

- Formkosten sind bei RIM und RTM etwa gleich, aber höher als beim Vakuumverfahren
- Höhere Investitionskosten beim RIM-Verfahren als bei RTM
- Zykluszeiten bei RTM je nach Harz einige Stunden (in beheizten Formen), RIM erheblich kürzer durch Verwendung reaktiverer Matrixsysteme.

For the manufacture of complex components, preformed reinforcing materials offer practical solutions. Predominantly used are thermoplastic-bonded mats and fabrics that have been preformed under the application of heat. A second variant is braided or wound preforms on a mould core of varying diameter.

The resin's low flow rate and the fixed position of the fibres helps to retain the predefined fibre orientation, which ensures the reproducibility of a component's targeted mechanical properties.

Suitable materials

The matrix is made of a low-viscosity epoxy or polyester resin. Suitable reinforcing materials are fabrics, inlays, tapes, non-wovens, and mats of surface-treated glass, aramid, and carbon fibres manufactured specifically for this purpose.

Moulds

- GRP or aluminium moulds for prototypes and short runs (with RTM)
- Heated steel or aluminium moulds for larger runs (with RIM)

Features of injection moulding:

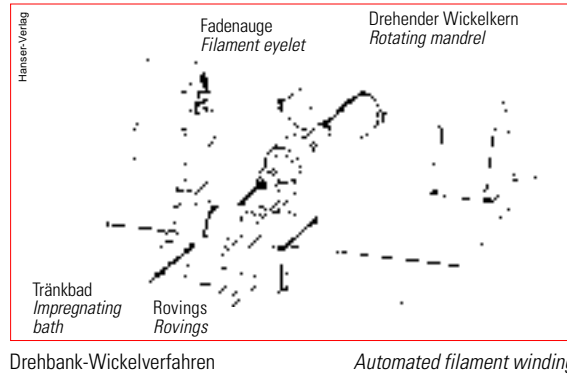
- Mould costs are about the same for RIM and RTM, but higher than for vacuum moulding
- Higher capital costs for RIM than for RTM
- Cycle times for RTM of several hours, depending on the resin (in heated moulds), considerably shorter for RIM because matrix systems of greater reactivity are used

WICKELN

Beim Wickelverfahren werden die Verstärkungsfasern auf einen Positivkern aufgewickelt. Dieses Verfahren eignet sich vorwiegend zur Herstellung rotationssymmetrischer Bauteile wie Behälter, Rohre und Wellen. Mit mehrachsig bewegbaren Fadenführungen können auch kompliziertere Bauteile wie z.B. Rohrkrümmen gewickelt werden.

Man unterscheidet zwischen Drehmaschinen, Taumel- und Planeten-Wickelverfahren.

Eine Wickelmaschine besteht aus einer Drehvorrichtung für die Rotationsbewegung des Wickelkerns, einer Fadenführung, einem Harz-Tränkbad und einem Spulenständer für den Roving (Faserstrang).



Drehbank-Wickelverfahren

WINDING

With winding, the reinforcing fibres, or filaments, are wound on a core or mandrel in the shape of the part. This method is primarily suitable for manufacturing rotationally symmetrical components such as vessels, pipes, and shafts. Filament guides operating along several axes mean that also more complex components, e.g. pipe bends, can be wound.

The two basic methods are biaxial and helical filament winding which are usually performed on automated machinery.

A winding machine consists of a turning device for rotating the mandrel, a filament guide, a resin impregnating bath, and a bobbin for the roving.

Geeignete Materialien

Als Matrix (Bettungsmasse) werden niedrigviskose Epoxyd- und Polyesterharze verarbeitet. Zur Verstärkung werden hauptsächlich Rovings, zum Teil auch Bänder verwendet.

Wickelkerne

Die Kerne sind je nach Bauteilgeometrie:

- Wiederverwendbar (leicht konisch);
- Verlorene Kerne (verbleiben im Bauteil, bestehen meist aus Metall oder Kunststoff);
- Auswaschbar bzw. herauslösbar (Spezialgips, Schaumstoffe).

Merkmale des Wickelverfahrens:

- Hohe Genauigkeit und gute Reproduzierbarkeit
- Weitgehend automatisierbar
- Wirtschaftlich (Drehbankwickelanlage)

Suitable materials

The matrix is made of a low-viscosity epoxy or polyester resin.

The reinforcing materials are predominantly rovings, also in the form of tape.

Mandrels

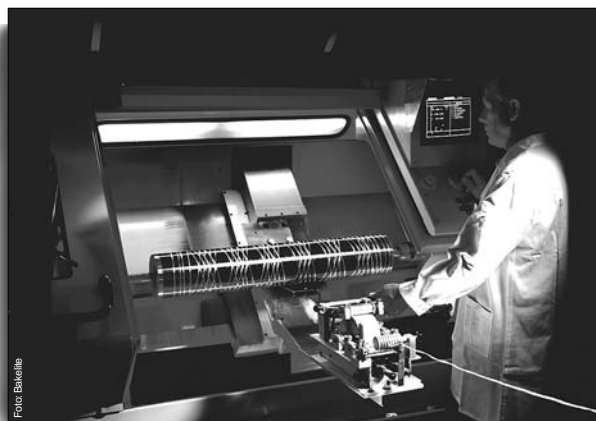
Depending on the component geometry, the mandrels can be:

- Reusable (slightly tapered)
- Lost (i.e. they remain in the component and are mostly made of metal or plastic)
- Removed by washing or other means (special-purpose plaster, foams)

Features of winding:

- High precision and good reproducibility
- High degree of automation
- Economical (automatic winding machine based on a lathe)

Für das Wickeln von Bauteilen - hier mit einem Glasroving - werden sehr dünnflüssige Harz/Härter-Systeme wie L 20 / Härter SG eingesetzt.



Resin/hardener systems of very low viscosity such as L 20 / SG are used for winding components - here with a glass roving

1.42

PRESSVERFAHREN

Das Preßverfahren ist für die Herstellung von FVW-Teilen in großen Stückzahlen geeignet. Die Reproduzierbarkeit ist gut, die Fertigung weitgehend automatisierbar, die Taktzeiten sind gering.

Benötigt wird eine hydraulische Oberkolben-Kurzhubpresse mit Steuerung.

Geeignete Materialien

Hauptsächlich Glasfasern in Form von Matten und Geweben sowie Aramid- und Kohlenstoff-Filamentgewebe in Verbindung mit Epoxyd- und Polyesterharzen. Man unterscheidet in:

- **SMC** (Sheet Moulding Compound)
- **BMC** (Bulk Moulding Compound)
- **GMT** (Glasmatteverstärktes Thermoplast)

Übliche Verfahren

- Heißpreßtechnik
- Kaltpreßtechnik
- Naß-Preßverfahren
- Prepreg-Preßverfahren

Heißpreßtechnik

Herstellung kleiner und mittlerer Bauteile in Großserien. Es werden beheizbare, hartverchromte und polierte Metallwerkzeuge eingesetzt.

PRESS MOULDING

Press moulding is suitable for the manufacture of large numbers of FC parts. The reproducibility is good, manufacture can be automated to a high degree, and the cycle times are low.

What is needed is a down-acting short-stroke hydraulic press with controller.

Suitable materials

These are predominantly glass fibres in the form of mats and fabrics as well as aramid or carbon filament fabrics embedded in epoxy or polyester resins. These materials can be divided into:

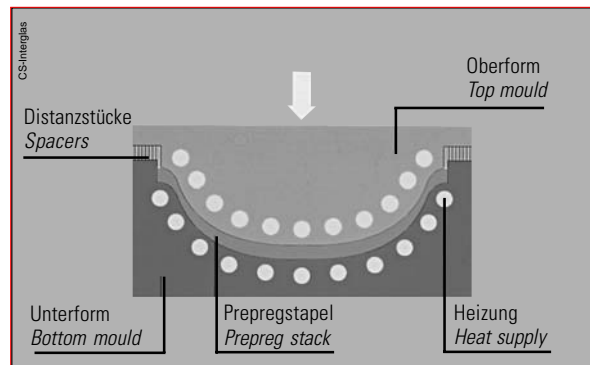
- **SMCs** (sheet moulding compounds)
- **BMCs** (bulk moulding compounds)
- **GMTs** (glass-mat-reinforced thermoplastics)

Usual methods

- Hot press moulding
- Cold press moulding
- Liquid resin press moulding
- Prepreg press moulding

Hot press moulding

For manufacturing small and medium-sized components in large batches. Finding application here are heatable, hard-chromium-plated, and polished metal moulds.



Heißpreßverfahren

Hot press moulding

Kaltpreßtechnik

Fertigung größerer Teile in mittleren Stückzahlen in einer unbeheizten Kunststoffform.

Cold press moulding

for manufacturing larger parts in medium-sized batches in an unheated plastic mould.



Getriebeabdeckung aus Kohlefaser/Epoxydharz

Gearbox cover of carbon-fibre-reinforced epoxy resin

1

Naß-Preßverfahren

Trockene Verstärkungsmaterialien (Gewebe, Gelege, Matten oder Vorformlinge) werden in die Form eingelegt. Danach wird eine abgewogene Menge Harzes eingegossen oder injiziert. Die Schließgeschwindigkeit des Werkzeuges wird so gewählt, daß ein Aufreißen der Glasverstärkung infolge hoher Strömungsgeschwindigkeit des Harzes vermieden wird.

Die Werkzeugtemperatur beträgt je nach Art des Harzes 90 - 140 °C, der Preßdruck auf dem Bauteil 5 - 25 bar.

Prepreg-Verfahren

Hier werden vorimprägnierte Verstärkungsmaterialien verarbeitet. Zur Herstellung flächiger Bauteile mit konstanter Wandstärke werden Matten- und Gewebeprepreps (GMT, SMC) verwendet, für Formteile mit unterschiedlichen oder scharf abgesetzten Wandstärken Preßmassen (BMC).

Verarbeitungsbedingungen z.B. beim SMC:

- Preßdruck 20 - 250 bar
- Temperatur 140 - 160 °C Naß-Preßverfahren

Liquid resin press moulding

Dry reinforcing materials (fabrics, inlays, mats, or preforms) are placed in the mould, which is then filled or injected with a predefined weight of resin. The mould closing speed is such that the glass-fibre reinforcement cannot be ripped open by the resin's high rate of flow.

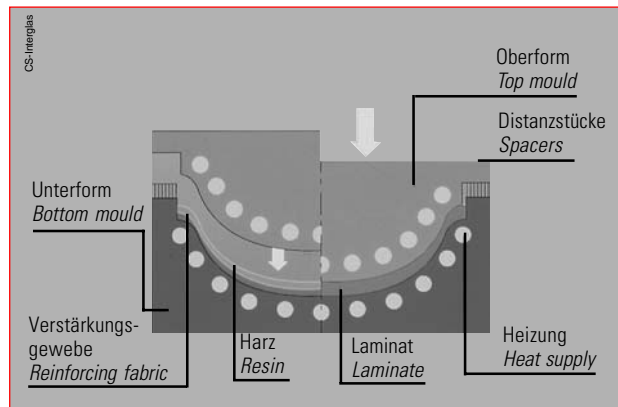
Depending on the resin type, the mould temperature ranges from 90 to 140 °C, the moulding pressure on the component from 5 to 25 bar.

Prepreg moulding

As described earlier, prepregs are preimpregnated reinforcing materials. Mat and fabric prepregs (GMTs, SMCs) are used for manufacturing large-area components with unchanging wall thickness; moulding compounds (BMCs) for moulded parts with varying wall thicknesses or shoulders.

Processing conditions, e.g. for SMCs:

- Moulding pressure 20 - 250 bar
- Temperature 140 - 160 °C



Naßpreßverfahren

Liquid resin press moulding



Im Naßpreßverfahren hergestellter Tankdeckel aus Kohlefaser/Epoxydharz

Filler cap of carbon-fibre-reinforced epoxy resin manufactured by liquid resin press moulding

1.44

NACHBEARBEITUNG VON FVW

Bauteile aus FVK müssen nach dem Entformen meistens noch nachbearbeitet werden. So sind z.B. Trennnähte zu entgraten, Löcher zu bohren oder Ränder zu besäumen.

Eine spanabhebende Bearbeitung ist möglich. Es müssen dafür Hartmetall-Schneidwerkzeuge (Bohrer, Fräser) oder Diamant-Werkzeuge eingesetzt werden. Falls eine Kühlung erforderlich ist, sollte nur Wasser ohne ölhaltige Zusätze verwendet werden.

ÜBLICHEVERFAHREN

Sägen

Die besten Schnittergebnisse werden mit Diamantsägen feiner bis grober Körnung erzielt. Grundsätzlich gilt: je mehr ein Material „schmiert“, desto größer das Korn. Die Schnittgeschwindigkeit liegt bei ca. 200 - 1000 m/min, die Vorschubgeschwindigkeit bei ca. 200 - 500 mm/min.

Schleifen

Scharfe Schnittkanten von FVW-Teilen werden nachgeschliffen. Dies ist in der Regel reine Handarbeit. Hilfsmittel sind elektrisch oder pneumatisch angetriebene Schleifteller.

Die verwendeten Körnungen des Schleifpapiers liegen bei 60-1500. Beim Schleifen ist unbedingt auf einen zuverlässigen Atem- und Hautschutz zu achten! Am besten wird abgesaugt oder naß geschliffen, um den entstehenden Schleifstaub zu binden. Beim Schleifen von kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK) entsteht leitfähiger Staub, der in elektrischen Anlagen zu Kurzschlüssen führen kann! Schutzart IP 54 ist erforderlich.

Bohren

Bis zu einem Durchmesser von ca. 12 mm werden Spiralbohrer für Metall eingesetzt. Für größere Löcher eignen sich Kreisschneider oder Hohlbohrer. Diamantbesetzte Werkzeuge sind auch hier am besten. Um Delaminationen auf der Bohrertrittsseite zu vermeiden, sollte eine beschichtete Spanplatte oder Hartholz unterlegt werden. Als Schnittgeschwindigkeit wird 20 - 25 mm/min, als Vorschubgeschwindigkeit 0,03 - 0,09 mm/U empfohlen.

Fräsen

Beim Fräsen lassen sich auch räumlich gekrümmte Konturen bearbeiten und Aussparungen herstellen. Die Fräswerkzeuge unterliegen einem starken Verschleiß und sollten daher eine Diamantbeschichtung besitzen. Die Schnittgeschwindigkeit beträgt ca. 300 - 1000 m/min und der Vorschub bis zu 0,2 mm/U. Die Vorschubgeschwindigkeit darf nicht zu groß gewählt werden, da sonst Delaminationen auftreten können. Das Fräsen von GFK und CFK ist problemlos möglich. Bei SFK (Aramidfaserverstärkung) fransen die Schnittkanten aus.

Drehen

Die Nachbearbeitung auf der Drehbank ist, mit Ausnahme von SFK, problemlos möglich. Auf scharfe Drehmeißel achten, um Delaminationen zu verhindern.

FINISHING FCS

In most cases, FC components require finishing work after they are demoulded. For example, mould seams must be deflashed, holes drilled, or edges trimmed.

Machining is one possible solution, whereby cemented carbide or diamond tools (drills, milling cutters) must be used. If cooling proves necessary, then the coolant must be water containing no oily additives.

USUAL METHODS

Sawing

The best cutting results are obtained with diamond saws ranging from fine to coarse. The basic rule is that the more a material "sweats", the coarser the saw has to be. The cutting speed ranges from 200 to 1000 m/min, the feed rate between 200 and 500 mm/min.

Grinding

Sharp edges produced by cutting operations on FC parts are ground. As a rule, this work is conducted exclusively by hand. The tools used are electrically or pneumatically driven grinding wheels. The abrasive paper used exhibits grain sizes of between 60 and 1500. Reliable respiratory equipment and skin protection must be used during grinding operations. To bind the resulting grinding dust, wet grinding or the use of a suction device is highly recommended. Grinding carbon-fibre-reinforced plastics (CRPs) generates conductive dust that can cause short circuits in electrical equipment. System of protection IP 54 is required.

Drilling

For holes with diameters up to about 12 mm, twist drills for metals are used. Larger holes require trepans of various sizes. Diamond-tipped tools are the best choice here too. So that the drill cannot cause delamination after passing through the component, a sheet of coated particle board or hardwood must be clamped to the exit side. The recommended cutting speed is from 20 to 25 mm/min, the feed rate from 0.03 to 0.09 mm per rotation.

Milling

This machining method can also create three-dimensional contours and recesses. Milling cutters are subjected to a high degree of wearing and should therefore be diamond-tipped. The cutting speed ranges from about 300 to 1000 m/min, and the feed up to 0.2 mm per revolution. The chosen feed rate should not be too high, otherwise delamination can occur. GRPs and CRPs can be milled without problems. In the case of SRP (aramid fibre reinforcements), the edges of the cut become ragged.

Turning

With the exception of SRPs, no problems are encountered when the components are finished on a lathe. The turning tools must be sufficiently sharp so as not to cause delamination.

TECHNISCH AUFWENDIGE VERFAHREN

für die Bearbeitung von Großserien

Wasserstrahlschneiden

Beim Wasserstrahlschneiden wird Wasser in hohem Druck (4000 bar) durch eine Düse mit 0,1 - 0,2 mm Durchmesser gepreßt. Beim Schneiden werden die Bauteile mechanisch und thermisch nur gering belastet. Der entstehende Materialabtrag ist gebunden und fließt mit dem Wasser ab. Nach der Bearbeitung ist ein Trockenvorgang notwendig.

Die Schnittgeschwindigkeit, der Wasserdruck und der Düsenquerschnitt, die Matrix/Faser-Kombination und die Wandstärke des Bauteils haben einen großen Einfluß auf die Schnittqualität.

Maximale Vorschubgeschwindigkeiten:

CFK-Laminat 3 mm dick 10 m/min

SFK-Laminat 3 mm dick 2 m/min

Es versteht sich, daß der Wasserstrahl nicht wie ein anderes Werkzeug von Hand geführt wird. Die Steuerung erfolgt elektronisch nach vorher programmierten Koordinaten.

Laser

Die beim Laserschneiden möglichen Ergebnisse werden umso besser, je näher Schmelz- und Zersetzungstemperatur von Matrix und Fasern beieinander liegen und je geringer deren Leitfähigkeiten sind. Bei FVW werden die besten Schnittqualitäten wegen der geringen Wärmebeständigkeit mit hohen Energiedichten und Vorschubgeschwindigkeiten erreicht.

Erreichbare Schnittqualitäten:

SFK sehr gut

GFK befriedigend

CFK ungenügend

Auch beim Laserschneiden gilt: die Steuerung erfolgt elektronisch anhand vorher programmierter Koordinaten.

COMPLEX TECHNOLOGIES

for machining large batches

Water jet cutting

With this method, water is pressed under a high pressure (4000 bar) through a nozzle of 0.1 - 0.2 mm diameter. Cutting places only a negligible mechanical and thermal load on the components. The material thus removed is bound and washed away in the water. This machining method makes a subsequent drying process necessary.

The cutting speed, the water pressure, the nozzle cross sectional area, the combination of matrix and fibres, and the component wall thickness all have a considerable effect on the quality of the cut.

Maximum feed rates:

CRP laminate, 3 mm thick 10 m/min

SRP laminate, 3 mm thick 2 m/min

It is, of course, evident that the water jet cannot be guided by hand like any other tool. Instead, it is manipulated electronically according to a preprogrammed set of coordinates.

Laser

The closer the matrix's and fibres' melting and degradation temperatures are and the lower their electrical conductivity, the better are the results obtained with laser cutting. Owing to their low resistance to heat, FCs can be cut with the best qualities when the energy density and feed rate are high.

Obtainable cutting qualities:

SRP very good

GRP satisfactory

CRP unsatisfactory

With laser cutting, too, the beam is manipulated electronically according to a preprogrammed set of coordinates.

Besäumen der Kante eines Roboterarmes aus FVW mit einem Diamantfräser bei sehr hoher Schnittgeschwindigkeit und geringem Vorschub (Fa. Polywest/Ahaus).



A diamond-tipped milling cutter trimming the edge of a robot arm at a high cutting speed and low feed rate (Polywest in Ahaus).

Die beiden Halbschalen eines Roboterarmes mit eingeklebten Aluminiumelementen und Aramidgewebe-Laminat als innerer Sandwich-Decklage (Kernwerkstoff: Aramidwabe).

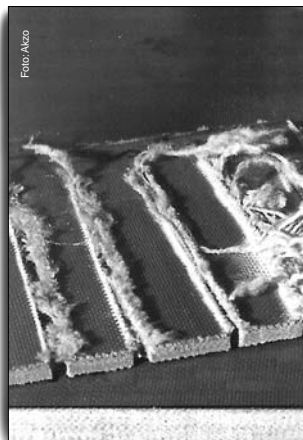


Two shells of a robot arm with glued aluminium elements and aramid fabric laminate as an internal sandwich overlay (core material aramid honeycombs)



Fred Horst
Akzo, Wuppertal
Focus

	Wasserstrahlschneiden <i>Water jet cutting</i>	Laserstrahlschneiden <i>Laser beam cutting</i>	Umrißfräsen <i>Contour milling</i>
Mechanische Belastung <i>Mechanical loads</i>	gering <i>low</i>	sehr gering <i>very low</i>	mittel <i>medium</i>
Thermische Belastung <i>Thermal loads</i>	sehr gering <i>very low</i>	sehr hoch <i>very high</i>	gering bis mittel <i>low to medium</i>
Schadstoffentwicklung <i>Pollutant emissions</i>	keine <i>none</i>	sehr hoch <i>very high</i>	gering bis mittel <i>low to medium</i>
Geräuschentwicklung <i>Noise levels</i>	hoch <i>high</i>	mittel <i>medium</i>	sehr hoch <i>very high</i>
Schnittfugenbreite <i>Width of cut</i>	gering <i>low</i>	gering <i>low</i>	mittel <i>medium</i>
Engste Radien <i>Min radii</i>	0,5 - 1,0 mm <i>0.5 - 1.0 mm</i>	0,5 mm <i>0.5 mm</i>	Werkzeughdurchmesser <i>tool diameter</i>
Symmetrie der Schnittkante <i>Edge symmetry of cut</i>	parallel zur Strahlrichtung <i>parallel to jet</i>	parallel zur Strahlrichtung <i>parallel to beam</i>	senkrecht zur Werkzeugachse <i>vertical to tool axis</i>
Werkzeugverschleiß <i>Tool wear</i>	gering <i>low</i>	sehr gering <i>very low</i>	mittel bis hoch <i>medium to high</i>
Zugänglichkeit des Werkstücks <i>Work piece accessibility</i>	beidseitig <i>both sides</i>	beidseitig <i>both sides</i>	beidseitig <i>both sides</i>



Unsaubere Schnittkanten im Vergleich zu einer sauberen Kantenbearbeitung von Twaron® (Aramid)-Laminaten

Ragged edges compared with the clean-cut edges of Twaron® (aramid) laminates



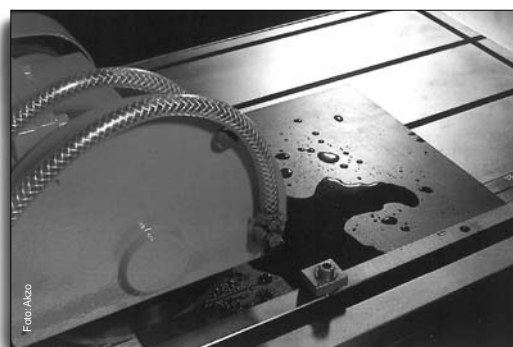
Schneiddüse einer Wasserstrahlanlage

Cutting nozzle of a water jet unit



Bohren von Twaron® (Aramid)-Laminaten mit einem Hartmetallbohrer mit spezieller „Sichel-Schneide“

Cemented carbide drill with special crescent-shaped chisel edge for drilling Twaron® (aramid) laminates



Sägen eines Tenax® (Kohlenstoff-Faser)-Laminats mit einer Präzisionsäge

Precision saw cutting a Tenax® (carbon-fibre) laminate

Faserverbundwerkstoffe und Beschichtungen, die **höchsten Anforderungen** an Zuverlässigkeit und Langlebigkeit genügen müssen, werden vorzugsweise aus Epoxydharz hergestellt.

Fibre composites and coatings that have to meet with the **highest demands** placed on reliability and long service life are manufactured in the majority of cases from epoxy resin.

Vorteile:

- Hohe statische und dynamische Festigkeit
- Geringer Härtungsschwund, gute Maßhaltigkeit
- Starke Haftung, sehr guter Klebstoff
- Hohe Temperaturbeanspruchbarkeit
- Gute Chemikalien- und Witterungsbeständigkeit
- Sehr gute dielektrische Eigenschaften (isolierend)
- Geringe Brennbarkeit, hohe Glutfestigkeit

Advantages:

- High static and dynamic strength
- Low curing shrinkage, good dimensional stability
- Strong adhesion, very good adhesive
- High thermal resistance
- Good chemical and weather resistance
- Very good dielectric (insulating) properties
- Low combustibility, high resistance

Nachteile:

- Genaues Dosieren der Komponenten erforderlich
- Relativ teuer (im Vergleich zu Polyesterharzen)

Drawbacks:

- The constituents must be precisely dosed
- Relatively expensive (compared with polyester resins)

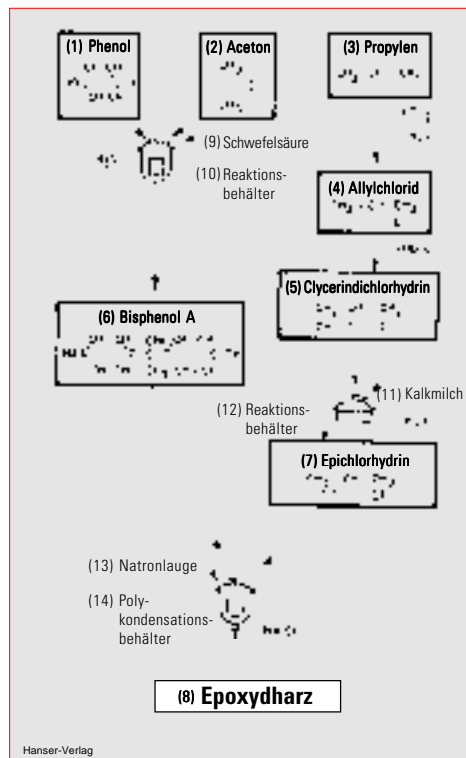
Herstellung

Die technisch wichtigsten Epoxydharze werden durch Kondensation von Epichlorhydrin und Bisphenol A / Bisphenol F hergestellt. Die Vernetzungsprodukte aus kettenförmigen Verbindungen sind charakterisiert durch die Epoxygruppe, deren hohe Reaktivität durch die extreme Ringspannung zu erklären ist. Epoxydharze auf Basis von BP A/F sind kristallisationsfrei und damit besser transport- und lagerfähig als die herkömmlichen Bisphenol-A-Harze. Die Härtung (Vernetzung) erfolgt in einer Polyaddition durch Zugabe eines Härtungsmittels in bestimmten Mengenverhältnissen. Die Art des Härter beeinflusst die Verarbeitungseigenschaften und die Materialkennndaten des Endproduktes.

Manufacture

The most important epoxy resins for engineering purposes are manufactured through the condensation of epichlorohydrin and bisphenol A / bisphenol F. The cross-linked products of chained bonds are characterised by the epoxy group whose high reactivity can be explained by the extreme ring strain. Epoxy resins based on BP A/F are free of crystallisation and so are better suited for transport and storage than the customary bisphenol A resins. Curing (cross-linking) is initiated as polyaddition by the introduction of a certain proportion of curing agent. The type of hardener influences the processing properties and the material characteristics of the end product.

Herstellungsschema Epoxydharze



Flow chart for the manufacture of epoxy resins

- (1) phenol
- (2) acetone
- (3) propene
- (4) allyl chloride
- (5) glycerin dichlorohydrin
- (6) bisphenol A
- (7) epichlorohydrin
- (8) epoxy resin
- (9) sulphuric acid
- (10) reaction vessel
- (11) lime milk
- (12) reaction vessel
- (13) sodium hydroxide solution
- (14) polycondensation vessel

Charakteristik

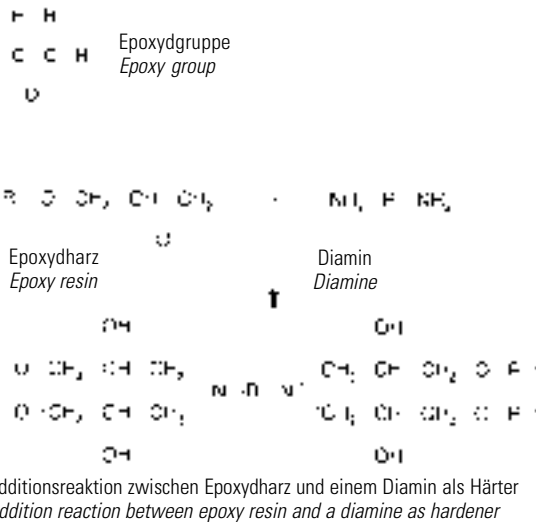
Die Farbe von Epoxidharzen ist wasserklar bis gelb, die gebräuchlichen Härter sind ebenfalls farblos bis dunkelrot. EP-Harze riechen süßlich (je nach Reaktivverdünner und Anteil), die Härter aminisch nach Ammoniak. Der von einer Mischung ausgehende Geruch ist relativ gering.



Epoxydharzherstellung im Labormaßstab
Epoxy resin manufacture on a laboratory scale

Characteristics

The colour of epoxy resins ranges from water-clear to yellow, the customary hardeners from colourless to dark red. EP resins have a sweetish odour (depending on the reactive diluent and its proportion), the hardeners, as polymers of amino acids, smell of ammonia. The odour emanating from a mixture is relatively negligible.

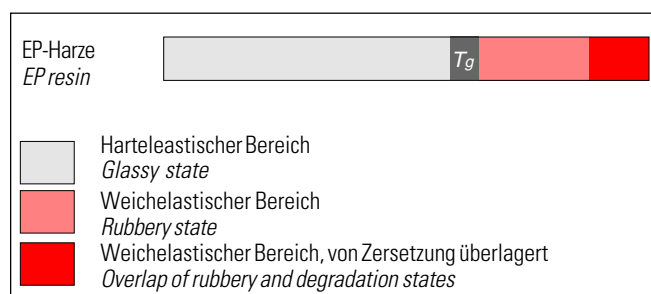


Die Glasstemperatur T_g

Epoxydharze befinden sich bis zur **Glasstemperatur** in ihrem **Gebrauchsbereich**, bei dem ein **hartelastisch-sprödes** Verhalten vorliegt. In diesem Bereich sind die Makromoleküle aufgrund ihrer Vernetzung fixiert und verfestigt. Nach Überschreiten der Glasstemperatur befindet sich der Werkstoff im Haupterweichungsbereich und ist weichelastisch. Die Makromoleküle können unter Spannung einen Platzwechsel vollziehen, gleiten jedoch aufgrund ihrer dreidimensionalen Vernetzung nicht voneinander ab. Dieser weichelastische Bereich wird vom Zersetzungsbereich überlagert.

The glass transition temperature T_g

Up to the **glass transition temperature**, epoxy resins remain in their **service state** in which their behaviour is characterised by **glassy** properties. In this state, the macromolecules are fixed rigidly in place by their cross-linking. When the glass transition temperature is exceeded, the material enters the rubbery state and becomes elastic. When under tension, the macromolecules can change places, but do not drift apart owing to their three-dimensional cross-links. The rubbery and degradation states overlap.



Systeme

Nach Anwendungsgebieten werden Laminier-, Gieß- und Klebharze sowie Formenbau- und Deckschichtharze (Gelcoats oder Feinschichtharze) unterschieden.

Kalthärtung

Die Kalthärtung ist eine exotherme Reaktion, die bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck stattfinden kann.

Kalthärtende Systeme sind am einfachsten einzusetzen. Sie werden vorzugsweise bei Raumtemperatur (20 °C) verarbeitet und gehärtet. Nach ca. 24 Stunden kann entformt werden.

Innerhalb von 7 Tagen härtet das Harz nach und gewinnt nochmals an Festigkeit und Wärmeformbeständigkeit. Danach kommt die Reaktion zum Stillstand.

Durch zusätzliche **Temperung** steigt die Glasübergangstemperatur T_g an. Durch den höheren Vernetzungsgrad wird die Beweglichkeit der Makromoleküle vermindert: Härte und Festigkeit nehmen zu.

Für optimale End Eigenschaften ist es zu empfehlen, auch kalthärtende Harze nochmals z.B. 2 - 3 h bei 50 - 60 °C zu tempern.

Warmhärtung Kaltanhärtende Systeme

Diese Harze vernetzen bei Raumtemperatur so gut, daß sich Bauteile daraus problemlos entformen und bearbeiten lassen.

Für "normale" Anwendungen ist die Festigkeit bereits ausreichend. Die Endfestigkeit wird jedoch erst durch eine Wärmenachbehandlung erreicht. Speziell die luftfahrtzugelassenen Epoxydharzsysteme müssen mit Wärme nachgehärtet werden. Meist genügt eine Temperatur von 50 - 60 °C über ca. 10 Stunden zur vollständigen Härtung.

Heißhärtung (Temperung)

Eine aufwendige Temperung ist bei der Anhydridhärtung erforderlich (Martens-Plus-EP). Die Heißhärtung erfolgt bei Temperaturen zwischen 100 und 200 °C. Die warmhärtenden Vernetzer sorgen durch eine hohe Polarität und steife Ringe für eine hohe Glasübergangstemperatur T_g . Die Formstoffe weisen sehr gute mechanische, thermische, chemische und elektrische Eigenschaften auf. Die Dauertemperaturbeständigkeit liegt bei über 200 °C.

Tieftemperatureigenschaften

Mit abnehmender Temperatur werden Epoxydharze zunehmend härter, ohne daß sich die Schlagzähigkeit verschlechtert.

Die Festigkeit steigt beträchtlich an:

Von +25 °C auf -76 °C verbessern sich Zug-, Druck- und Biegefestigkeit sowie Zug- und Biege-E-Modul von Epoxydharz um rund 10%.

Im Bereich von -76 °C bis -242 °C werden nochmals um etwa 25% höhere Festigkeiten erreicht (Literaturwerte).

Systems

Depending on their application, resins can be divided into laminating resins; cast and adhesive resins; and mould construction and overlay resins (gel coats).

Cold curing

Cold curing is an exothermal reaction that can take place at room temperature and under atmospheric pressure.

Cold-curing systems are the easiest to use. In most cases, they are processed and cured at room temperature (20 °C). After about twenty-four hours they can be demoulded.

For the next seven days the resin undergoes a post-curing process, increasing its strength and heat distortion temperature. Afterwards, the reaction comes to a stop.

*Additional **annealing** raises the glass transition temperature T_g . The greater degree of cross-linking reduces the mobility of the macromolecules, and hardness and strength increase.*

For the optimal final properties, an additional annealing is also recommended for cold-curing resins, e.g. two to three hours at 50 - 60 °C.

Hot curing Systems with preliminary cold curing

These resins cross-link at room temperature so well that components made of these can be demoulded and machined without problems.

The strength of these components is fully adequate for "normal" applications. Yet the final strength is first obtained after a post-heat treatment. Specifically, the epoxy resin systems approved for aviation must undergo post-heat treatment. In most cases, a temperature of 50 - 60 °C applied over a period of about ten hours is enough to obtain complete curing.

Annealing

Complex annealing is required for anhydride curing (Martens Plus EP). Annealing takes place at temperatures between 100 and 200 °C. The high polarity and stiff rings of hot-curing cross-linking agents give rise to a high glass transition temperature T_g . The moulded materials exhibit very good mechanical, thermal, chemical, and electrical properties. Their long-term temperature resistance is over 200 °C.

Low-temperature properties

With increasing temperature, epoxy resins become increasingly harder without any loss in impact strength.

The strength increases considerably as follows:

From +25 °C to -76 °C, the tensile, compressive, and flexural strength as well as the tensile and flexural modulus of epoxy resin improve by about 10%.

And about 25% higher strengths are obtained in addition in the temperature range from -76 °C to -242 °C (reference data).

Toxikologie

Harze sind in der Regel als **reizend**, Härter als **ätzend** eingestuft. Bei unsachgemäßem Umgang können Haut- und Schleimhautreizungen bzw. auch Verätzungen auftreten. Die ausgehärteten Formstoffe dagegen sind gesundheitlich unbedenklich und nicht toxisch. Gefahrenhinweise und Sicherheitsratschläge sind gesetzlich vorgeschrieben.

Wir räumen dem Thema Arbeitsschutz in diesem Handbuch viel Platz ein, denn eines ist uns besonders wichtig: die sichere Verarbeitung unserer Produkte in Ihrem Hause.

Härter

Zur Vernetzung flüssiger Epoxyharze gibt es eine Vielzahl brauchbarer Härtungsmittel, die teils schon bei Raumtemperatur, teils nur unter Wärmezufuhr reagieren. Bei der Festlegung einer Härterrezeptur wird vor allem auf eine möglichst gute Verträglichkeit für den Verarbeiter geachtet. Die meisten Härtermischungen enthalten aliphatische und cycloaliphatische Di- und Polyamine.

Die Amine sind in vier Gruppen eingeteilt:

- **Lineare aliphatische Amine**
hohe Reaktivität mit großer Vernetzungsmöglichkeit
- **Aromatische Amine + Beschleuniger**
hohe Wärmeformbeständigkeit und Chemikalienfestigkeit
- **Cycloaliphatische Amine**
Alternative zu den linearen, aliphatischen Aminen, längere Topfzeit
- **Tertiäre Amine**
bessere Kaltaushärtung, katalytisch wirksam

Harz / Härter-Systeme

Empfehlenswert ist die Verwendung von Harz/Härter-Kombinationen, die in der Praxis erprobt sind. Prinzipiell lassen sich jedoch **alle Harze und Härter** miteinander mischen und kombinieren. Zur Erzielung optimaler Eigenschaften ist es erforderlich, daß jede reaktive Gruppe ihren "Reaktionspartner" erhält. Dazu muß einer vorgegebenen Anzahl der Epoxydgruppen die gleiche Anzahl von Amin-Wasserstoff-(NH)- Bindungen entsprechen. Diese Anforderung ist erfüllt, wenn jeweils die Äquivalentmasse des EP-Harzes den NH-Äquivalentmassen des Härter hinzugefügt werden.

Beispiel:

Epoxyharz L EP-Äquivalentmasse 179
Härter L NH-Äquivalentmasse 71
werden im Verhältnis 179:71 g gemischt.

Zur Vereinfachung wird die benötigte Härtermenge auf jeweils **100 g** EP-Harz bezogen.

Daraus ergibt sich pro **100 g Epoxyharz L**:

$$\frac{100}{179} \times 71 = 40 \text{ g Härter L}$$

Allgemein gilt:

EP-Wert x NH-Äquivalentmasse = g Härter pro 100 g EP-Harz

Toxicological properties

*In general, resins are categorised as **irritants**, hardeners as **caustics**. Improper handling can lead to irritation of the skin and mucous membranes and even chemical burns. The cured moulded materials, on the other hand, are non-toxic and harmless to health.*

Danger notices and safety advice are stipulated by law.

Industrial safety has been given generous treatment in this handbook. It is of particular importance to us that our products are processed safely by your personnel.

Hardeners

To initiate cross-linking in liquid epoxy resins, there are a great number of suitable hardeners that react either at temperatures as low as room temperature or under the application of heat. When a recipe for a hardener is put together, particular importance is placed above all on the maximum possible compatibility for the processor. Most of the hardener mixtures contain aliphatic and cycloaliphatic diamines and polyamines.

The amines are divided into four groups:

- **Linear aliphatic amines**
high reactivity with large cross-linking potential
- **Aromatic amines + accelerators**
high heat distortion temperature and chemical resistance
- **Cycloaliphatic amines**
alternatives to the linear, aliphatic amines, longer pot lives
- **Tertiary amines**
better cold curing, catalytic activity

Resin / hardener systems

*Recommended is the use of resin/hardener combinations that have been tried and tested in practice. In principle, however, **all resins and hardeners** can be mixed and combined with each other. Before the optimal properties can be obtained, each reactive group must be given its so-called reaction partner. In other words, a specified number of epoxy groups must be matched by the same number of amine-hydrogen (NH) bonds. This requirement is fulfilled when the equivalent mass of the EP resin is added to the equivalent NH masses of the hardener.*

An example:

epoxy resin L equivalent EP mass 179
hardener L equivalent NH mass 71
are mixed in the ratio 179:71 g.

*To simplify the calculations, the required quantity of hardener is based in each case on **one-hundred grams** of EP resin.*

*Needed for every **100 g of epoxy resin L**:*

$$\frac{100}{179} \times 71 = 40 \text{ g of hardener L}$$

In general:

EP value x equivalent NH mass = g of hardener for every 100 g of EP resin

Lagerung

R&G Epoxydharze und Härter dürfen nur in Originalgebinden gelagert werden. Bitte beachten Sie folgendes:

- Inhaltsbezeichnung und Gefahrenhinweise müssen gut lesbar sein;
- Für die Lagerung sind umschlossene Räume erforderlich, in denen die rel. Feuchte 80% nicht überschreiten sollte;
- Die Lagertemperatur beträgt max. 25 °C und mindestens 10 °C. Kurzfristige Überschreitungen (max. 5 Stunden, max. 35 °C) sind unkritisch. Bei Temperaturunterschreitungen (auch kurzfristig) muß wegen einer möglichen Entmischungsfahrer sichergestellt werden, daß der Inhalt des Gebindes wieder gut homogenisiert wird (z.B. Faßrührer, Dissolver).

Standard-Epoxydharze auf Bisphenol-A-Basis können unter bestimmten Bedingungen **kristalline Ausscheidungen** bilden. Kritisch sind **Lagertemperaturen unter 15 °C**. Durch Kälte kristallisierte Harze und Härter können nicht verarbeitet werden. Zur Wiederherstellung des flüssigen Ausgangszustandes ist eine **Erwärmung** auf 50 - 60 °C erforderlich. Die Qualität des Harzes bleibt erhalten.

Epoxydharze sind in ungeöffneter Originalpackung praktisch unbegrenzt haltbar.

Härter lassen sich in ungeöffneter Originalpackung bei 20 - 25 °C mindestens 1 Jahr lagern. Da die Härter mit dem Kohlendioxid der Luft reagieren, sollten **angebrochene Gebinde** bald verbraucht werden. Unsere Empfehlung: Harz und Härter sollten innerhalb der von R&G angegebenen Garanzzeit (jeweils 1 Jahr) aufgebraucht werden. Ist das Material über diesen Garanzzeitraum hinaus gelagert, kann es immer noch verwendet werden, wenn die Wiederholung der Eingangsanalysen eine erneute Freigabe zu lassen.

Verarbeitung

Harz und Härter sollen nur in Räumen verarbeitet werden, die sauber sind, gut gesäubert werden können, Ablufteinrichtungen besitzen und von Sozialräumen getrennt sind.

Die Harz- und Härtergebände werden nur kurzfristig für die Entnahme geöffnet. Anschließend werden die Gebinde gut verschlossen und evtl. von Harz- und Härterresten an der Außenseite gesäubert.

Nur mit sauberen Werkzeugen und auf sauberen Arbeitsplätzen können reproduzierbar gute Lamine gefertigt werden!

Die Gebindegröße sollte zweckmäßigerweise so gewählt werden, daß ein Aufbrauchen innerhalb einiger Wochen möglich ist.

Mischen

Harz und Härter müssen sorgfältig gemischt werden. Dabei ist auf die Einhaltung des vorgegebenen Mischungsverhältnisses zu achten. Die **Toleranzen beim Einwiegen** sollten **± 2%** nicht überschreiten. Das bedeutet, daß getrenntes Einwiegen und anschließendes Zusammengeben nicht möglich ist, da in den Gefäßen undefinierbare Mengen Harz und Härter zurückbleiben. Die Mischung erfolgt daher entweder, indem der Härter in das Harz eingewogen wird, oder indem mit einer Dosier- und Mischanlage beide Materialien vereinigt werden.

Mengen bis ca. 20 g können mit herkömmlichen Wagen nicht ausreichend genau dosiert werden. Selbst elektronische Briefwaagen können eine Toleranz von $\pm 1 - 2$ g aufweisen.

Dies kann bei einem Kleinstansatz von z.B. 10 g Harz : 4 g Härter (MV 100:40) zu einer Abweichung von 50% vom richtigen Mischungsverhältnis führen. Denn statt 4 g Härter auf der Anzeige kann der Becher 2 oder 6 g enthalten.

1.52

Storage

R&G epoxy resins and hardeners must be stored in the original packaging. In addition, please observe the following.

- *The name of the contents and the danger notices must be clearly visible and legible.*
- *The products must be stored in enclosed rooms in which the relative humidity does not exceed 80%.*
- *The storage temperature should not exceed 25 °C nor fall below 10 °C. The max value may be exceeded for no longer than five hours, as long as the max temperature does not exceed 35 °C. Temperatures below 10 °C, even for short periods, may cause the constituents to separate, so it must be ensured that the contents of the packaging are thoroughly homogenised (e.g. barrel agitator, dissolver).*

Under certain conditions, standard bisphenol-A-based epoxy resins can form crystalline exudates. The critical storage temperatures are below 15 °C. Resins and hardeners that have crystallised under the effects of cold cannot be processed. They must be heated to 50 - 60 °C before they can enter the liquid state needed for further processing. The quality of the resin is unaffected.

Epoxy resins can be stored for a virtually indefinite period in the unopened original packaging.

In the unopened original packaging, hardeners can be stored for at least one year at 20 - 25 °C. Hardeners react with atmospheric carbon dioxide, so the contents of an opened packaging should be quickly consumed. We recommend that the resin and hardeners are consumed within the warranty period granted by R&G (one year each). If the materials are stored for longer than this warranty period, they may still be used when the results from the second analysis of the goods permit their approval for use.

Processing

Resin and hardeners should be processed only in rooms that are clean, allow thorough cleaning, are fitted with ventilating systems, and are isolated from social rooms.

The packaging for the resin and hardeners is opened only for the time taken to withdraw the required quantity of contents. Afterwards the packaging must be completely sealed and its outside cleaned of any resin or hardener residue.

Laminates of reproducible high quality can be manufactured only with clean tools at clean workplaces.

The size of the packaging should be chosen so that the contents can be consumed within a few weeks.

Mixing

The resin and hardeners must be mixed with care and the specified mixing ratio strictly observed. The weights of the constituents must not exceed the tolerance range of $\pm 2\%$. This means that weighing and mixing cannot take place separately because indefinable quantities of resin and hardener will then remain in the respective receptacles. So the constituents are mixed in a process whereby either the hardener is weighed into the resin or the two materials are combined with a dosing and mixing system.

Quantities up to 20 g cannot be dosed with adequate precision on customary carriages. Even electronic letter scales can exhibit tolerances of $\pm 1 - 2$ g.

In the case of smallest-scale mixtures of, say, 10 g resin to 4 g hardener (i.e. a mixing ratio of 100:40), this circumstance can lead to a deviation of 50% from the correct mixing ratio. Instead of 4 g of hardener as shown on the display, the beaker may contain 2 or 6 g.

Kleinstmengen sollten daher mit Einwegspritzen nach **Volumen** dosiert werden. Dabei ist zu beachten: **Gewichtsteile sind nicht gleich Volumenteile**, da die Komponenten ein unterschiedliches spezifisches Gewicht aufweisen (Harze um 1,1 und Härter um 1,0 g/cm³).

Eine höhere Härterzugabe als vorgeschrieben ergibt keine schnellere Härtung, sondern nur schlechtere Eigenschaften!

Ebenso lässt sich die Verarbeitungszeit durch eine geringere Härterzugabe nicht verlängern!

Bei Abweichungen im MV verschlechtern sich die Formstoffeigenschaften. Bei großen Abweichungen kann die Härtung völlig ausbleiben. Es entstehen dann nur Molekülkettenverlängerungen, Verzweigungen oder Teilvernetzungen, die für FVV unbrauchbar sind.

Füllstoffe und Zusätze

Die Eigenschaften von Epoxidharzen können durch verschiedene Zusätze verbessert werden. Pigmente werden zur Farbgebung, Füllstoffe zur Erhöhung der mechanischen Festigkeiten des Formstoffes verwendet.

Wir empfehlen die Verwendung fertiger **Pigment-Farbpasten** (Epoxidfarbpasten), die sich leicht und ohne zu verklumpen einmischen lassen.

Füllstoffe sind z.B. Glasschnitzel, Thixotropiermittel, Baumwollflocken und Glass-Bubbles. Füllstoffe können kugel-, stäbchen- oder plättchenförmig sein.

Beim Mischen der Komponenten empfehlen wir eine bestimmte **Reihenfolge**: **Füllstoffe** werden dem fertigen Harz-Härter-Gemisch zugesetzt. Das Mischungsverhältnis wird nicht verändert. Vor allem Metallpulver dürfen nicht direkt in die Härterkomponente gegeben werden, da sie Verdickungen und harte Bodenabsetzungen bilden. Die Zugabe **reaktiver Zusätze** sollte **nicht** in die fertige Harz/Härter-Mischung erfolgen, da sie das Mischungsverhältnis verändern:

Komponenten, die **Epoxidgruppen** enthalten (Epoxidfarbpasten, Reaktivverdünner), werden in die **Harzkomponente** gemischt.

Aminhaltige Zusätze wie z.B. Haftvermittler (Aminsilane) dürfen demzufolge nur der Härterkomponente zugesetzt werden.

Mischtabelle

Eine Mischtablette zum Aushang am Arbeitsplatz befindet sich hinten im Handbuch. Dort finden Sie auf einen Blick das entsprechende Mischungsverhältnis für verschiedene Ansatzgrößen.

Das Rühren

Kleine Mengen bis 500g sollten gründlich von Hand 1-2 Minuten gerührt werden. Dazu empfehlen wir Holzrührstäbchen (Bestell-Nr. 325 100-X). Größere Ansätze lassen sich nur noch mittels Mischpropeller und Bohrmaschine vermischen. Trotz maschineller, intensiver Vermischung der Komponenten sollte der Boden und die Wandung des Mischgefäßes mit einer sauberen Holzlatte abgestreift werden.

Arbeitsgeräte und Mischgefäße

Die für Harz und Härter verwendeten Gefäße, Geräte und Werkzeuge müssen sauber sein. Es darf sich auch kein Öl-, Wachs- oder Fettfilm an den Teilen befinden. Arbeitsgeräte, mit denen Trennmittel gehandhabt werden, sind getrennt von den Arbeitsgeräten für Harz und Härter zu halten. Um die Verschmutzungsfahr weiter ausschließen zu können, sollten Harz, Härter oder die Mischung abgedeckt werden.

*Smallest-scale quantities should therefore be dosed according to **volume** with disposable injectors. At the same time, it is important to note that **parts by weight are not the same as parts by volume**, because the constituents exhibit different specific gravities (resins about 1.1 g/cm³, hardeners about 1.0 g/cm³).*

A greater proportion of hardener than specified does not yield faster curing, but worse properties.

Likewise, a lower proportion of hardener does not extend the processing time!

Deviations in the mixing ratio cause deterioration in the properties of the moulded material. And greater deviations can even prevent the curing process from taking place. The outcome is extended molecular chains, branching, or incomplete cross-linking that are unsuitable for FCs.

Fillers and additives

Various additives can be used to enhance the properties of epoxy resins. Pigments are used for coloration, and fillers for boosting the mechanical strengths of the moulded materials.

*We recommend the use of ready-made **pigment pastes** (epoxy colour pastes) that can be mixed easily and without clumping.*

*Some examples of **fillers** are chopped glass fibres, thixotropy-enhancing agents, cotton flock, and glass bubbles. Fillers can be spherical, rod-shaped, or laminate.*

*We recommend the following particular **sequence** for mixing the constituents. **Fillers** are added to the ready-made mixture of resin and hardener. The mixing ratio remains unchanged. Above all, metal powder must not be added directly to the hardener constituent, because the viscosity will increase and a hard sediment will form on the base. **Reactive additives** should **not** be added to the ready-made mixture of resin and hardener because this will change the mixing ratio. Instead:*

*Constituents containing **epoxy groups** (epoxy colour pastes, reactive diluents) are mixed in the **resin constituent**.*

*Accordingly, additives containing **amines**, such as coupling agents (aminosilanes), must be added to the **hardener constituent** only.*

Table of mixing ratios

A table of mixing ratios for pinning up at the workplace is annexed to this handbook. There you will find an overview of the corresponding mixing ratios for various initial quantities.

The mixing process

Small quantities up to 500 g should be mixed thoroughly by hand for one to two minutes. We recommend the use of wooden stirring rods (order no. 325 100-X). Larger quantities can be processed only with a circulation agitator and drilling machine. Despite this intensive mechanical mixing of the constituents, a clean wooden spatula should be used to wipe down the base and walls of the mixing vessel.

Tools and mixing vessels

The vessels, equipment, and tools used for the resin and hardener must be clean. There must be no film of oil, wax, or grease adhering to any of the parts. The tools and equipment used to handle release agents must be kept separate from the tools and equipment used for the resin and hardener. The risk of contamination can be reduced even further when the resin, hardener, and mixture are covered.

Es sollten flache Mischgefäße mit glatter Wand und glattem Boden verwendet werden. Am besten eignen sich PE-Mischbecher (Bestell-Nr. 320 100-X oder 320 105-X). Einweggefäße sind aus arbeitshygienischen Gründen von der Berufsgenossenschaft Chemie empfohlen. Anhaftende, vollständig gehärtete Harzreste sind umweltneutral, eine Deponierung mit dem Hausmüll- oder Gewerbe-müll ist zulässig. Prinzipiell lassen sich auch mehrfach verwendbare Kunststoffgefäße (z.B. aus PE) einsetzen.

Die Verarbeitungszeit

Die Gebrauchsdauer (Topfzeit, Verarbeitungszeit) der Mischung ist abhängig von der Ansatzgröße (je größer desto schneller) und von der Temperaturvorgeschichte.

Größere Mengen

... verkürzen aufgrund exothermer Reaktion (Reaktionswärme) die offene Zeit; sie sollten in flache Schalen umgefüllt werden, um einen Wärmestau zu vermeiden.

Eine zügige Verarbeitung ist erforderlich.

Kleine Ansätze

... unter 100 g haben eine verlängerte Topfzeit.

Wenn die Temperatur im Mischgefäß merklich ansteigt und 40 °C (Fiebertemperatur!) überschritten hat, darf die Mischung für hochwertige Lamine nicht mehr verwendet werden, da eine gleichmäßige Laminatherstellung nicht gewährleistet ist.

Flat mixing vessels with smooth walls and base should be used. Ideal are PE mixing cups (order no. 320 100-X or 320 105-X). For industrial hygiene reasons, the professional association of chemical workers Berufsgenossenschaft Chemie recommends disposable receptacles. Adherent residue of completely cured resin is environmentally neutral and its disposal is permitted in solid domestic or commercial waste. In principle, reusable plastic receptacles (e.g. of PE) can also be used.

The processing time

The service life (pot life, processing time) of the mixture is defined by the initial quantity (the larger, the faster) and by its history of experienced temperature effects.

Larger quantities

The effects of their exothermal reaction (reaction heat) serve to reduce the open time. They should be transferred to flat dishes to prevent heat accumulation.

They must be processed quickly.

Small quantities

Quantities under 100 g have an extended pot life.

If the temperature in the mixing vessel should rise noticeably and exceed 40 °C, then the mixture may no longer be used for high-quality laminates. Unvarying quality in the manufacture of laminates can then no longer be guaranteed.

Verdünner

Epoxyd-Laminierharze von R&G sind lösemittelfrei. Die für die Tränkung von Verstärkungsfasern notwendige niedrige Verarbeitungsviskosität wird mit Reaktivverdünnern eingestellt. Reaktivverdünner (RV) sind epoxydgruppenhaltige, niedermolekulare Verbindungen, die mit aushärten.

R&G Epoxydharze sind hauptsächlich difunktionell verdünnt. Difunktionelle RV verhindern gegenüber monofunktionellen RV einen Molekülkettenabbruch, so daß die Festigkeitswerte des Harzes sowie die Wärmeformbeständigkeit weitgehend erhalten bleiben. In Sonderfällen kann die Viskosität durch eine weitere Zugabe von R&G Reaktiv-Verdünner eingestellt werden. Mit steigender Menge wird jedoch die Festigkeit und Wärmeformbeständigkeit der Formstoffe herabgesetzt.

Für **dünne Schichten** bis etwa 1 mm können als Verdünnung verschiedene Alkohole, Ketone und Kohlenwasserstoffe verwendet werden. Es sollte sich um wasserfreie, chemisch reine Lösungsmittel handeln. Bewährt haben sich Aceton und Methanol (beide feuergefährlich!).

Die Viskosität

Die Fließfähigkeit von Harzen und Härtern (ausgenommen gefüllte Systeme, die z.B. Thixotropiermittel enthalten) ist in der Einheit **mPa·s** (Millipascal x Sekunden) angegeben.

Diese, mit einem Rotationsviskosimeter bestimmte dynamische Viskosität, läßt sich am besten einschätzen, wenn man die Werte bekannter Flüssigkeiten betrachtet.

Diluents

The epoxy laminating resins from R&G are free of solvents. The low processing viscosity needed to impregnate reinforcing fibres is obtained with reactive diluents. Reactive diluents are low-molecular compounds containing epoxy groups that also cure together with the resin.

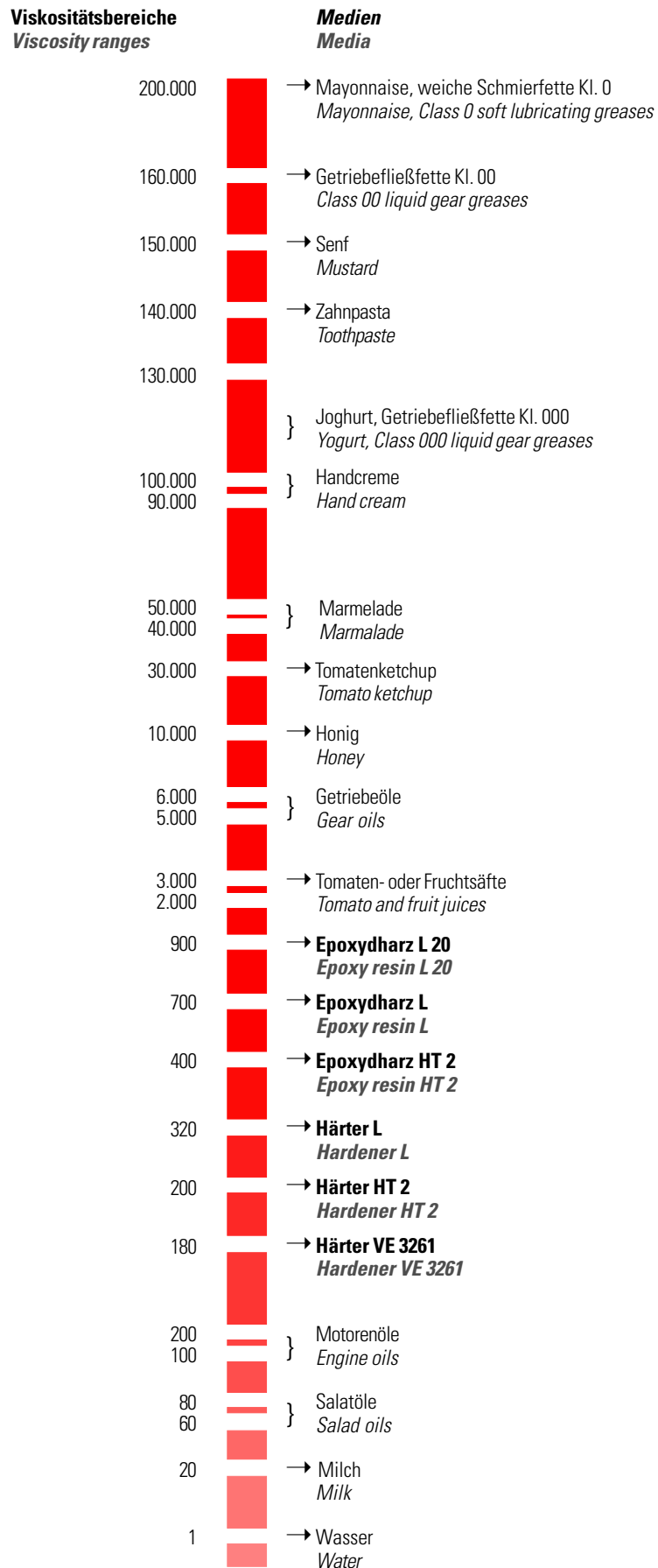
R&G epoxy resins are primarily diluted with difunctional compounds. In contrast to monofunctional reactive diluents, difunctional reactive diluents prevent the molecular chains from breaking so that the resin's mechanical properties as well as its heat distortion temperature are retained to a great extent. In special cases, the viscosity can be modified by a further addition of R&G reactive diluent. The greater the added quantity, however, the greater the sacrifice to the strength and heat distortion temperature of the moulded materials.

*In the case of **thin layers** up to about 1 mm, various alcohols, ketones, and hydrocarbons can be used as the diluent. These should be anhydrous, chemically pure solvents. Acetone and methanol (although both highly flammable!) have proved reliable in practice.*

The viscosity

*The flowability of resins and hardeners (with the exception of filled systems containing, for example, thixotropy-enhancing agents) is given the unit **mPa·s** (or millipascal x seconds).*

This dynamic viscosity measured with a rotational viscometer can best be assessed when it is compared with the values known from other liquids.



nach Wilhelm Endlich „kleben & dichten“ (Vieweg-Verlag)
Data obtained from Wilhelm Endlich's "kleben & dichten" (Vieweg-Verlag)

Laminatherstellung

Der günstigste Verarbeitungstemperaturbereich liegt zwischen 25 und 35 °C im Laminat. Die relative Luftfeuchtigkeit sollte 70 % nicht überschreiten.

Niedrige Temperaturen des Harzes und kalte Formoberflächen verlängern die Verarbeitungs-, Gelier- und Aushärtezeit. Unter 15 °C verläuft die Reaktion sehr gebremst, unter 10 °C kommt sie schnell zum Stillstand. Eine vollständige Durchhärtung ist dann nur noch möglich, wenn die Reaktion durch Erwärmen auf 20 - 30 °C erneut gestartet wird.

Eine Ausnahme bilden sehr reaktive Systeme wie z.B. das 5-Minuten-Epoxy, das als Klebeharz auch bei Temperaturen um den Gefrierpunkt verwendet werden kann.

Höhere Temperaturen beschleunigen die Reaktion. Bei einer Erwärmung von 20 auf 30 °C steht nur noch die halbe Verarbeitungszeit zur Verfügung.

Die **Raumluft** muß staubfrei sein. Eine Filterung der Zuluft ist jedoch nur dann notwendig, wenn in der Umgebung intensiv Stäube emittiert werden.

Die mechanische Bearbeitung von Laminaten darf nicht im gleichen Fabrikationsraum erfolgen wie die Naßlaminiierung. Ist die räumliche Trennung nicht möglich, muß es eine zeitliche Trennung geben. Vor dem Laminiieren ist dann der Bereich besonders gründlich zu reinigen.

Bei der Herstellung von hochwertigen Laminaten müssen Handschuhe getragen werden, damit an Klebstellen keine Fettschichten auftreten können.

Härtungstemperaturen

Die meisten Systeme werden kalt gehärtet (bei Raumtemperatur ca. 20 °C). Die Formstoffe erreichen bereits nach ca. 24 Stunden eine gute Festigkeit, härten aber noch einige Tage nach und gewinnen dabei an Festigkeit und Wärmeformbeständigkeit.

Luftfahrzeugelassene Harze sind teilweise kalt anhärtend. Bauteile daraus können nach einer Anhärtung von 24 Stunden bei 20 °C entformt und bearbeitet werden. Optimale Eigenschaften ergeben sich erst nach einer zusätzlichen Warmhärtung. Speziell bei sicherheitsrelevanten Bauteilen in der Luftfahrt sind die Tempervorschriften einzuhalten.

Tempereinrichtungen

Alle Harze erreichen durch eine Wärmenachbehandlung bessere Festigkeitswerte. Der Grund dafür ist der Aushärtungsgrad, der bei Raumtemperatur keine 100%, sondern anfänglich meist nur 85 - 90 % erreicht. Dieser Wert verbessert sich zwar im Ablauf von 7 Tagen auf 90 - 95 %, kann jedoch durch höhere Härtungstemperaturen auf bis zu 100 % gesteigert werden. Dadurch ergeben sich optimale Formstoffeigenschaften. Durch die höhere Vernetzungsdichte steigt die Festigkeit und Wärmeformbeständigkeit beträchtlich an.

Ausführlichere Hinweise zum **Tempern** finden Sie im Handbuch auf Seite 1.54 ff.

Manufacture of laminates

The ideal processing temperatures range from 25 to 35 °C in the laminate. The relative humidity should not exceed 70 %.

***Low temperatures** in the resin and cold mould surfaces increase the processing, gelling, and curing times. Under 15 °C the reaction is extremely retarded, and under 10 °C it quickly comes to a stop. Full curing is possible only when the reaction is reactivated at a temperature of 20 - 30 °C.*

The exceptions are highly reactive systems, for example the five-minute epoxy, which can be used as an adhesive resin at temperatures about the freezing point.

***Higher temperatures** accelerate the reaction. Raising the temperature from 20 to 30 °C cuts the processing time by half.*

*The **air in the processing environment** must be free of dust. However, the supply air needs to be filtered only when the environment generates intensive levels of dust. Laminates must not be machined in the same production room as the wet-in-wet lamination. If it is not possible to separate the two processes physically, then they must be performed in sequence after a certain time has passed. The area must be cleaned with particular thoroughness before work is started on the lamination.*

When high-quality laminates are being manufactured, gloves must be worn to prevent grease from coating the adhesive sites.

Curing temperatures

Most systems are cold-cured (at room temperature of about 20 °C). The moulded materials develop good strength properties within just twenty-four hours, yet continue to cure for a number of days afterwards, gaining in strength and heat distortion temperature.

***Some resins approved for aviation** undergo a preliminary phase of cold curing. Components made of these resins can be demoulded and machined after a preliminary phase of cold curing over twenty-four hours at 20 °C. Yet the optimal properties are first obtained after an additional period of hot curing. The annealing regulations must be observed especially for components contributing to safety in aviation.*

Annealing systems

All resins obtain improved strength properties after a post-heat treatment. The reason lies in the degree of curing that does not reach the 100 % mark at room temperature, but in most cases an initial value of only 85 - 90 %. Although this value improves in the course of seven days to 90 - 95 %, only higher curing temperatures can raise this to 100 %. The result is the optimal properties of the moulded material. And the greater cross-link density contributes considerably to an increase in strength and heat distortion temperature.

*More detailed information on **annealing** can be found on pages 1.54 ff of this handbook.*

Allgemeine Daten
für gehärtete Epoxydharze

Wärmeausdehnungskoeffizient <i>Coefficient of thermal expansion</i>	60 - 70 x 10 ⁻⁶ K
Wärmeleitfähigkeit <i>Thermal conductivity</i>	0,52 W/mK
Oberflächenwiderstand <i>Surface resistance</i>	10 ¹³ Ω
spez. Durchgangswiderstand <i>Volume resistivity</i>	10 ¹⁵ Ω cm

General specifications
for cured epoxy resins

**Wärmeleitfähigkeit
verschiedener
Werkstoffe**

**Thermal conductivity
of various
materials**

Werkstoff <i>Material</i>	Wert in (W/m-K) <i>Thermal conductivity (W/m-K)</i>
Aluminium <i>Aluminium</i>	230
Duraluminium <i>Duralumin</i>	170
Zink <i>Zinc</i>	112
Eisen <i>Iron</i>	172
Stahl <i>Steel</i>	50,2
V2A-Stahl <i>V2A steel</i>	14
Epoxydharz gefüllt mit Alu oder Graphit <i>Epoxy resin and aluminium or graphite</i>	1,6 - 2,6
Epoxydharz <i>Epoxy resin</i>	0,52
UP-Laminat <i>UP laminate</i>	0,31
SFK (Aramidfaser) <i>SRP (aramid fibre)</i>	0,13
GFK (Glasfaser) <i>GRP (glass fibre)</i>	0,8
CFK (Kohlenstofffaser) <i>CRP (carbon fibre)</i>	15 - 40
E-Glas, R-Glas, S-Glas <i>E glass, R glass, S glass</i>	1
Aramidfaser (HM) <i>Aramid fibre (HM)</i>	0,04 - 0,05
Kohlenstofffaser <i>Carbon fibre</i>	17
Eichenholz <i>Oak</i>	0,186
Tannenholz <i>Fir</i>	0,128
Glasgewebe <i>Glass fabric</i>	0,9

Fehler Problem	Ursache Cause	Abhilfe Remedy
Harz bleibt weich und klebrig <i>Resin stays soft and sticky</i>	Falsches Mischungsverhältnis oder Dosierfehler bei kleinen Ansätzen von z.B. nur 10 g (Unge- nauigkeit der Waage), zu niedrige Temperatur. <i>Incorrect mixing ratio or incorrect dosing for initial quantities of e.g. only 10 g (weighing imprecision); temperature too low.</i>	Zusätzliche Wärmebehandlung der Bauteile. War die Abweichung nicht zu groß, härten die Form- stoffe bei 30 - 50 °C innerhalb einiger Stunden durch. <i>The component needs additional heat treatment. If the deviation is not too large, the moulded materials cure fully at 30 - 50 °C within a few hours.</i>
Harz bleibt stellenweise weich und klebrig <i>Resin stays soft and sticky in places</i>	Schlechte Vermischung von Harz und Härter beim Anrühren <i>Resin and hardener not mixed properly.</i>	¹⁾ Nachhärtung bei erhöhter Temperatur ¹⁾ Post-curing at increased temperature.
Topfzeit weicht von den Angaben ab <i>Pot life inconsistent with the specifications</i>	Ansatzmenge kleiner als 100 g = längere Topfzeit. Ansatzmenge größer als 100 g = kürzere Topfzeit. Verarbeitungstemperatur zu hoch (beschleunigt) oder zu niedrig (verzögert oder verhindert Härtung). <i>Initial quantity less than 100 g = longer pot life; initial quantity greater than 100 g = shorter pot life. Processing temperature too high (accelerates) or too low (retards or prevents curing).</i>	Auf optimale Verarbeitungstemperatur (20 - 22 °C) achten <i>Note the optimal processing temperature (20 - 22 °C).</i>
Harz härtet in der angegebenen Aushärzeit nicht durch <i>Resin does not cure fully in the specified curing time</i>	Verarbeitungs- und Härtungstemperatur zu niedrig; sehr geringe Schichtstärken. <i>Processing and curing temperature too low; plies very thin.</i>	Bauteile warmhärten Harz-, Form- und Raumtemperatur sollten mög- lichst 20 °C betragen. <i>Hot-cure components. Resin, mould, and ambient temperature should be 20 °C wherever possible.</i>
Stark eingedicktes Harz härtet nicht richtig durch <i>Highly inspissated resin does not cure properly</i>	Füllstoff wurde vor der Härterzugabe ins Harz gemischt. Dadurch kann sich das Mischungs- verhältnis ändern. <i>The filler was mixed into the resin before the hardener was added, and the mixing ratio was changed as a result.</i>	¹⁾ Bauteil warmhärten Füllstoff nur in das fertig verrührte Harz/Härter- Gemisch geben ¹⁾ Hot-cure the component. <i>Add the filler to the ready-mixed system of hardener and resin only.</i>
Klebrige oder schmierige Oberfläche <i>Sticky or greasy surface</i>	Falsches Mischungsverhältnis Hohe Luftfeuchtigkeit (systembedingt) <i>Incorrect mixing ratio; high air humidity (applies only to some systems).</i>	¹⁾ Wärmenachbehandlung Abwaschen mit Lösemittel (Aceton) Luftfeuchtigkeit beachten ¹⁾ Post-heat treatment. <i>Wash off with solvent (acetone). Note the air humidity.</i>
Klebestellen platzen bei Belastung ab <i>Joins split when loaded</i>	Mangelhafte Untergrundvorbehandlung <i>Inadequate pretreatment of the underlying surface</i>	Fügeteile anschleifen und entfetten <i>Grind and degrease the parts to be joined.</i>
Laminate zeigen bei Belastung Weißbruch <i>Laminates exhibit stress whitening when loaded</i>	Sprödes Harzsystem Ungeeignetes Glasgewebe (oft 2. Wahl mit Fehlern im Haftvermittler/Finish) <i>Brittle resin system. Unsuitable glass fabric (often second choice with defects in the coupling agent or finish).</i>	¹⁾ Bauteil warmhärten Gewebe 1. Wahl bzw. Luftfahrtnorm verwenden oder 2. Wahl vor Einsatz testen ¹⁾ Hot-cure the component. <i>Use first-choice fabric or standardised fabric approved for aviation, or test second-choice fabric for suitability.</i>

¹⁾ Abhilfe nur bedingt möglich.
This remedy is possible only within certain restrictions.

<p>Farbschwankungen beim Einfärben</p> <p><i>Uneven colouring</i></p>	<p>Eigenfarbe von Harz und Härter beeinflusst den Tonwert</p> <p><i>The resin's and/or hardener's own colour influences the hue.</i></p>	<p>Klare Systeme oder fertige eingefärbte Deckschichtharze verwenden (speziell Farbton weiß)</p> <p><i>Use transparent systems or ready-coloured overlay resins (specifically white hues).</i></p>
<p>Klare oder weiß eingefärbte Bauteile dunkeln nach</p> <p><i>Transparent or white components darken</i></p>	<p>Vergilbung durch ultraviolettes Licht (Sonnenlicht)</p> <p><i>Ultraviolet light (sunlight) causes yellowing.</i></p>	<p>lackieren UV-stabilisierte Deckschichtharze verwenden</p> <p><i>Coat the surfaces, or use UV-stabilised overlay resins.</i></p>
<p>Kleine Löcher (Pinholes) in der Oberfläche</p> <p><i>Small holes (so-called pinholes) in the surface</i></p>	<p>Bauteil ohne Deckschicht direkt in die Form laminiert</p> <p><i>The component was laminated without overlay directly in the mould.</i></p>	<p>Spachteln, füllern, schleifen besser Deckschichtharz als erste Schicht vorstreichen/spritzen</p> <p><i>Fill and grind A better solution is to brush or spray overlay resin as the first layer.</i></p>
<p>Schlechte Verbindung von Gewebelagen untereinander, lassen sich abschälen</p> <p><i>Fabric plies are badly joined and can be pulled apart</i></p>	<p>Alte Schicht war bereits gehärtet; Laminat aus groben Geweben oder für die Kunststoffverstärkung ungeeignete Glasgewebe.</p> <p><i>The old ply had already cured. Laminate of coarse fabric or glass fabric unsuitable for reinforcing plastics.</i></p>	<p>Laminat naß-in-naß aufbauen, sonst gehärtete Schicht anschleifen. Zwischen sehr groben Geweben eine Lage feineres Gewebe einarbeiten. Nur Gewebe zur Kunststoffverstärkung verwenden, da sonst keine gute Verbindung mit dem Reaktionsharz erfolgt. Nur trockene Verstärkungsgewebe verwenden.</p> <p><i>Lay up laminates "wet-in-wet", or grind the cured ply. Integrate a ply of finer fabric between very coarse fabrics. Use only fabrics for reinforcing plastics, otherwise there will be no good adhesion with the reactive resin. Use only dry reinforcing fabrics.</i></p>
<p>Schlechte Verbindung des Laminates zum UP-Vorgelat bzw. unvollständige Härtung</p> <p><i>Poor joining between the laminate and the UP pre-gel, or curing incomplete</i></p>	<p>Vorgelat und Epoxydharz wurde naß-in-naß verarbeitet</p> <p><i>Pre-gel and epoxy resin were laid up wet-in-wet.</i></p>	<p>Vorgelat klebfrei angelieren lassen (min. 3 Std.), besser 12 Std. bei 20 °C aushärten.</p> <p><i>The pre-gel must lose its stickiness (after at least three hours). A better solution is to cure it at 20 °C for twelve hours.</i></p>
<p>Schlieren im Harz</p> <p><i>Streaks in the resin</i></p>	<p>Meist feuchte Füllstoffe oder zu hohe Luftfeuchtigkeit</p> <p><i>The most probable cause is wet fillers or too high air humidity.</i></p>	<p>Füllstoffe, auch Glas- und Aramidgewebe ggf. vor der Verarbeitung im Ofen bei 50 - 100 °C mehrere Stunden trocknen.</p> <p><i>If necessary, dry fillers, including glass and aramid fabrics, for several hours at 50 - 100 °C in an oven before they are processed.</i></p>
<p>Gießlinge, Füll- oder Preßmassen "verkothen"</p> <p><i>Mouldings, filling compounds, or moulding compounds "burn up"</i></p>	<p>Zu großes Volumen bei zu reaktivem Härter und daher Wärmestau in der Mischung; kann durch manche Füllstoffe (z.B. Glass- Bubbles) noch verstärkt werden.</p> <p><i>Too large a volume and too reactive hardeners cause heat to build up in the mixture. This effect can be promoted further by a number of fillers (e.g. glass bubbles).</i></p>	<p>Ansatz sofort abkühlen, falls möglich in eine flache Schale umgießen; Langsame Härter verwenden oder mehrere Schichten vergießen; Füllstoffe mit eingeschlossener Luft (Glass-Bubbles) begünstigen einen Wärmestau, metallische Füllstoffe wie Alupulver leiten Wärme besser ab.</p> <p><i>Immediately cool the quantity, if possible transferring it to a shallow dish. Use slow hardeners, or lay up several plies. Fillers with air inclusions (glass bubbles) promote the build-up of heat: a better solution is a metallic filler such as aluminium powder which conducts away heat.</i></p>



Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Jordan

Universität-GH Paderborn

Die richtige Temperatur ist ein entscheidender Faktor bei der Verwendung von Epoxydharzen. Dieses gilt sowohl für die Lagerung und Verarbeitung als auch für die Aushärtung und Nachbehandlung der Harze und Formstoffe. Im folgenden werden auf einfache und verständliche Weise einige nützliche Tips gegeben, wie durch die richtige Temperaturwahl und die Beachtung einiger Grundregeln die Verarbeitung von Epoxydharzen vereinfacht und die Produktqualität optimiert werden kann.

Lagerung von Epoxydharzen

Epoxydharze sollten bei einer Temperatur zwischen 15 und 25 °C gelagert werden. Bei längerer Lagerung unter 15 °C können Harze und Härter kristallisieren. Bei dieser Kristallisation findet eine Entmischung der einzelnen Komponenten statt. Deshalb müssen vor dem nächsten Gebrauch und auch vor dem Abfüllen diese Kristallisationen durch Erwärmung und unter ständigem Rühren wieder aufgelöst werden. Nach vollständiger Auflösung der Kristallisationen sind Harze und Härter aber ohne Qualitätsverlust weiter verwendbar.

Verarbeitung von Epoxydharzen

Die Verarbeitung kalthärtender Epoxydharzsysteme erfolgt bei Raumtemperatur (20 - 25 °C). Durch eine gezielte Temperaturwahl können sowohl die Eigenschaften der Harze bei der Verarbeitung als auch die Eigenschaften der ausgehärteten Formstoffe entscheidend beeinflusst werden. Tendenziell wirken sich Veränderungen der Temperatur bei der Verarbeitung wie folgt aus:

Temperaturerhöhung

- Verminderung der Viskosität (das Harz wird dünnflüssiger)
- Bessere Benetzbarkeit der Fasern
- Verkürzung der Verarbeitungszeit

Umgekehrt bewirkt eine verringerte Temperatur eine Viskositätssteigerung mit der damit verbundenen schlechteren Benetzbarkeit der Fasern. Andererseits kann bei niedrigen Temperaturen aber auch die Verarbeitungszeit verlängert werden. Dabei ist jedoch zu beachten, daß bei Temperaturen unter 15 °C der Härtingsprozeß nur noch sehr langsam verläuft und dünnwandige Lamine bei zu niedrigen Temperaturen zum Teil nach mehreren Tagen noch nicht ausgehärtet sind.

Vorteile einer geringfügig erhöhten Verarbeitungstemperatur

Insbesondere bei der Verarbeitung im Handlaminierverfahren ist eine sehr geringe Viskosität von Vorteil, da sich Fasern und Gewebe mit dünnflüssigen Harzen deutlich besser durchtränken lassen. Die Verminderung der Viskosität mit Reaktivverdünnern oder Lösungsmitteln ist aber nur bedingt möglich und kann zum Abbruch der Molekülketten führen. Durch eine Temperatursteigerung von nur 5 °C kann hingegen die **Viskosität nahezu halbiert** werden, ohne daß dabei die Vernetzung negativ beeinträchtigt wird.

Für eine optimale Verarbeitbarkeit können das Harz und die Formen angewärmt werden!

The right temperature is a crucial factor wherever epoxy resins are used. This applies not only to the storage and processing, but also to the curing and post-treatment of the resins and moulded materials. The following presents in a simple and understandable format a number of useful tips on how the correct choice of temperature and the observance of a number of fundamental rules can simplify the processing of epoxy resins and optimise the product quality.

Storing epoxy resins

Epoxy resins should be stored at a temperature between 15 and 25 °C. For longer storage periods at temperatures below 15 °C, resins and hardeners can crystallise, with the result that the mixture separates into its individual constituents. For this reason, any crystallisation must first be dissolved by heating and constant mixing before the mixture is processed. This complete dissolution of crystallisation does not give rise to any losses in the resins' or hardeners' processing quality.

Processing epoxy resins

Cold-curing epoxy resin systems are processed at room temperature (20 - 25 °C). The choice of a specific temperature can have a decisive influence on the properties of both the resins when processed and the cured moulded materials. Changes in temperature tend to affect the processing as follows:

Increasing the temperature

- Reduces the viscosity (the resin flows more freely)
- Improves the fibres' wetting properties
- Shortens the processing time

Reducing the temperature, as can be expected, increases the viscosity, with the result that the fibres are not as susceptible to wetting. On the other hand, low temperatures can increase the processing times. What must be noted in this respect is that at temperatures under 15 °C the curing process takes place only very slowly and, at too low temperatures, thin-walled laminates cannot cure completely even after several days.

Advantages of a slightly raised processing temperature

*A very low viscosity is of particular advantage in hand lay-up operations because low-viscosity resins can better impregnate fibres and fabrics. Reducing the viscosity with reactive diluents or solvents, however, is possible only within certain restrictions and can cause the molecular chains to break. On the other hand, an increase in temperature of only 5 °C can **reduce the viscosity by almost 50%** without having any adverse effects on the cross-linking.*

The optimal processability can be obtained when the resin and moulds are heated up.

Die zu verarbeitenden Harze sollten eine Temperatur von mindestens 25 °C haben. Dazu kann man die Gebinde vor Gebrauch z.B. im Wasserbad erwärmen. Eine weitere Erwärmung auf bis zu 35 °C verringert die Viskosität noch einmal deutlich.

Allerdings muß man hier beachten, daß eine Temperaturerhöhung um 10 °C die Verarbeitungszeit der Harze halbiert. Deshalb sollten angewärmte Harze nur in kleinen Mengen angesetzt und zügig verarbeitet werden. Da das Harz in dünnen Schichten sehr schnell abkühlt, sollten zudem auch die Formen angewärmt werden. Dieses kann einfach geschehen, indem man die Formen bis unmittelbar vor dem Gebrauch in einem warmen Raum lagert. Formen aus Laminierkeramik halten dabei aufgrund ihrer hohen Wärmekapazität besonders gut ihre Temperatur.

Aushärtung von Epoxydharzen

Die Aushärtung von Epoxydharzen ist ein chemischer Prozeß, bei dem die Moleküle der Einzelkomponenten miteinander reagieren und dabei lange, räumlich vernetzte Molekülketten bilden. Bei Epoxydharzen erfolgt der Härtingsprozeß als Polyaddition, d.h. für jeden Baustein im Harz ist immer auch eine bestimmte Anzahl von Bausteinen der Härterkomponente erforderlich. Wird das Mischungsverhältnis nicht genau eingehalten, bleiben unvernetzte Bausteine einer Komponente übrig. Diese unvollständige Vernetzung kann zu verminderten Festigkeitseigenschaften der Formstoffe führen. Auch wenn das Mischungsverhältnis genau eingehalten wurde, werden wie bei jeder chemischen Reaktion einzelne Moleküle übrig bleiben, die keinen Reaktionspartner gefunden haben. Um optimale Festigkeitseigenschaften erzielen zu können, muß aber ein möglichst hoher Vernetzungsgrad erreicht werden. Zusätzlich zur genauen Einhaltung des Mischungsverhältnisses kann durch eine gezielte Erwärmung (Temperung) der Vernetzungsgrad auf annähernd 100% gesteigert werden. Die Erwärmung muß aber vorsichtig und gezielt erfolgen, damit sich kein Verzug einstellt. Dabei werden durch die Temperung die mechanische Festigkeit und insbesondere auch die Wärmeformbeständigkeit der Harze erhöht. Aus diesen Gründen ist z.B. für Strukturbauerteile im Flugzeugbau eine Temperung zwingend vorgeschrieben.

Temperung von Faserverbundbauteilen

Bei der Verwendung kalt aushärtender Epoxydharzsysteme können die Bauteile zunächst bei Raumtemperatur aushärten, entformt und ggf. nachbearbeitet werden. Eine Temperung sollte innerhalb der nächsten Tage erfolgen. Dabei werden die Bauteile in einem geeigneten Raum verzugsfrei gelagert und langsam erwärmt. Die Temperaturerhöhung sollte 10 °C pro Stunde nicht überschreiten. Wenn die Zieltemperatur erreicht ist, muß diese mindestens 10 Stunden gehalten werden. Für die von R&G vertriebenen Epoxydharzsysteme gilt bis zu einer gewissen Temperatur ein Temperaturvorlauf von 30 °C. Das bedeutet, daß Bauteile die z.B. bei 55 °C 10 Stunden lang getempert wurden eine Wärmeformbeständigkeit von 85 °C aufweisen (LF-Harz).

The resins for processing should have a temperature of at least 25 °C. The packaging, for example, can be heated in a water bath before use. Heating further up to 35 °C effects a further considerable reduction in viscosity.

However, it must be noted at this point that an increase in temperature of 10 °C halves the processing time for the resins. For this reason, heated resins should be mixed in small quantities only and quickly processed. Resin in thin layers cools very quickly, so the moulds should be heated in addition. The simplest method is to store the moulds in a warm environment until directly before they are used. Owing to their heat capacity, moulds of laminating ceramics maintain their temperature especially well.

Curing epoxy resins

When epoxy resins cure, they undergo a chemical process, whereby the molecules of the individual constituents react with one another, forming in the process three-dimensional cross-links of long molecular chains. In the case of epoxy resins, this curing process takes place as so-called polyaddition, i.e. every structural unit in the resin always needs a certain number of structural elements from the hardener constituent. If the mixing ratio is not precisely observed, structural units from one constituent will be left over that are not cross-linked. This incomplete cross-linking can lead to a deterioration in the moulded materials' strength properties. Even when the mixing ratio has been observed precisely, individual molecules, as in every chemical reaction, will be left over that have not found a reaction partner. Yet the greatest possible degree of cross-linking must take place if the optimal strength properties are to result. In addition to the precise observation of the mixing ratio, a specific heating process (annealing) can be employed to raise the degree of cross-linking to approximately 100%. This heating process must, however, be conducted carefully and under specific conditions so that no warpage can occur. Annealing serves to improve the resin's mechanical strength and, in particular, its heat distortion temperature as well. For these reasons, annealing is compulsory on, for example, structural components in aircraft construction.

Annealing fibre composites

When cold-curing epoxy resin systems are used, the components can first of all be cured at room temperature, demoulded, and if necessary finished. Annealing should be conducted within the next few days. In this process, the components are stored in a suitable room and slowly heated without distorting. The increase in temperature should not exceed 10 °C per hour. Once the target temperature has been reached, this must be maintained for at least ten hours. The epoxy resin systems marketed by R&G exhibit up to a certain temperature a 30 °C difference between their annealing and heat distortion temperatures; in other words, components that have been annealed, say, at 55 °C for ten hours exhibit a heat distortion temperature of 85 °C (LF resin).



Warmhärtung im Temperzelt
Achtung!
Das Temperzelt darf während des Heizens aus Sicherheitsgründen nie unbeaufsichtigt bleiben!

*Hot curing in an annealing tent
Important!
For safety reasons, the annealing tent may not be left unattended when in operation!*

Die **Temperung größerer Bauteile** ist häufig problematisch, da entsprechende Räumlichkeiten selten zur Verfügung stehen. Hier kann ein provisorisches Temperzelt Abhilfe schaffen, bei dem die Bauteile mit einer Plane oder ähnlichem abgedeckt werden und die Innenluft dann über ein geeignetes Heizgerät erwärmt wird. Bei dieser provisorischen Temperung ist besonders darauf zu achten, daß z.B. mit einem Ventilator eine gleichmäßige Temperaturverteilung erreicht wird, da sich die Bauteile sonst verziehen können. Wesentlich professioneller ist die Temperung in einer Temperkammer. Dazu wird ein Raum entsprechend isoliert und beheizt.

Aufbau einer Temperkammer

Wichtig für eine Temperkammer ist eine gute Isolierung sowie eine feuerhemmende Auskleidung der Kammer. Dabei wird je nach Größe der Kammer ein Raum oder auch eine Holzkiste mit Styropor isoliert und von innen mit Gipsplatten ausgekleidet. Die Temperkammer sollte sich möglichst dicht verschließen lassen. Dann ist selbst mit geringer Heizleistung eine höhere Temperatur zu erreichen.

Eine Temperkiste kann bis zu Temperaturen von 40 °C mit einem einfachen elektrischen Heizlüfter beheizt werden. Für höhere Temperaturen sind solche Geräte aber in der Regel nicht geeignet; hier kann die Heizung dann aus Glühbirnen oder anderweitigen Heizelementen bestehen. Sehr gute Resultate wurden mit **Keramikheizplatten** erzielt. Diese können einfach aus R&G Laminierkeramik in Verbindung mit M1-Gewebe hergestellt werden. Zwischen zwei Lagen Laminierkeramik wird dabei ein UD-Kohlefaserband verlegt und elektrisch angeschlossen. Die Keramikplatte gibt auf einer großen Fläche sehr gleichmäßig die Wärme ab und garantiert damit eine gute Temperaturverteilung in der Kammer. Mit Hilfe einer solchen Heizplatte sind Temperaturen bis über 100 °C zu erzielen. Allerdings ist bei diesen Temperaturen zu beachten, daß alle Anschlußelemente für derart hohe Temperaturen geeignet sein müssen.

Ohnehin gilt:

Der elektrische Anschluß einer Temperkammer muß den gültigen VDE-Bestimmungen genügen und darf nur von qualifizierten Fachleuten vorgenommen werden!

Annealing larger components frequently has its problems because the corresponding rooms are seldom available. One solution takes the form of a provisional annealing tent. Here, the components are covered with a sheet or similar draping, and the trapped air heated by a suitable device. With this temporary method of annealing, the operator must ensure that the temperature is distributed uniformly, e.g. with a fan, otherwise the components may warp. A much more professional approach is with the annealing chamber. This method involves insulating and heating a room.

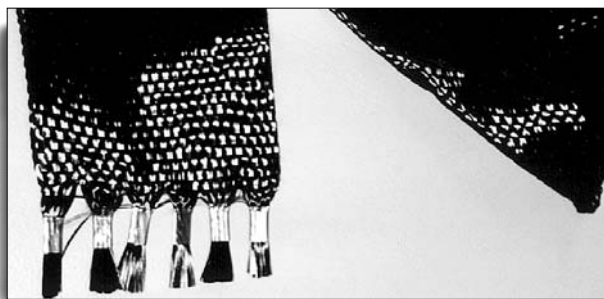
Layout of an annealing chamber

The important features of an annealing chamber are good insulation and a fire-retardant lining on the chamber walls. Depending on the size of the chamber, either a room or a wooden crate is insulated with foamed polystyrene and the inner walls lined with plaster panels. The annealing chamber should close as tightly as possible. As a result, even a low heating capacity can then generate a higher temperature.

*An annealing box can be heated up to a temperature of 40 °C with a simple electric fan heater. However, these devices are generally not suitable for higher temperatures. Instead, light bulbs or other heating elements can be used. Excellent results have been obtained with **ceramic hotplates**. These can be easily manufactured from R&G laminating ceramic in conjunction with M1 fabric. Here, a tape of unidirectional carbon fibres is placed between and connected electrically to two layers of laminating ceramic. The ceramic hotplate gives off heat very uniformly over a large area and so ensures that the temperature is distributed evenly throughout the chamber. These hotplates can be used to generate temperatures over 100 °C. However, it must be ensured that all of the connecting elements are approved for these high-temperature operations.*

The general rule is:

The annealing chamber must be connected to a source of electrical energy by qualified and authorised personnel in accordance with the valid VDE terms!



Verschalten des Kohlefaserbandes

The electric terminals of a carbon-fibre tape

Temperbox
Heizleistung und Temperatur
Annealing box
Heating capacity and temperature

Heizleistung (W) <i>Heating capacity (W)</i>	Temperatur (°C) <i>Temperature (°C)</i>
0	20
50	28
100	36
150	44
200	51
250	57
300	63
350	69
400	74
450	79
500	83
550	87
600	90
650	93

$T_u = 20\text{ °C}$ (Umgebungstemperatur)

Abmessungen der Temperbox

L x B x H 1.8 x 0.72 x 0.75 m

Isolierung

10 mm Gipskartonplatte

40 mm Styropor

$T_u = 20\text{ °C}$ (ambient temperature)

Internal dimensions of the annealing box

L x W x H 1.8 x 0.72 x 0.75 m

Insulation

10 mm plasterboard

40 mm foamed polystyrene



Soldering the connector sleeves on the carbon tape

Soldering the connector sleeves on the carbon tape



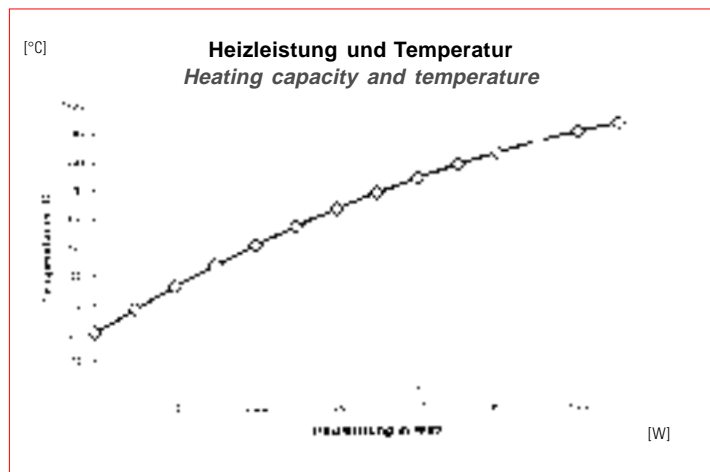
Das anschlussfertige Kohleband wird auf die erste Lage Laminierkeramik gelegt und getränkt.

Ready for the electrical connection, the carbon tape is placed on the first layer of laminating ceramic and impregnated.



Eine weitere Lage M1-Gewebe/Laminierkeramik deckt das stromführende Kohleband ab.

The next layer of M1 fabric and laminating ceramic covers the electrically conducting carbon tape.



WACKER

Dr. Ingo Craubner
Wacker-Chemie, München

In den letzten 25 Jahren hat sich deutlich ein Fachgebiet herausgebildet, das sich intensiv mit den - vorhandenen - Gefahren der Chemie befaßt. Es wird heute allgemein mit dem Begriff „Produktsicherheit“ bezeichnet. Dabei geht es um die Erfassung von Gefahren, um erforderliche Schutzmaßnahmen und um eine für Fachleute und Laien verständliche Darstellung. Gerade die Information über mögliche Gefahren und deren Vermeidung ist besonders wichtig für uns alle. Denn jeder hat täglich, wissentlich oder nicht, mit Chemie zu tun. Dr. Ingo Craubner, bei der **Wacker-Chemie** innerhalb des Geschäftsbereichs Silicone für Produktsicherheit verantwortlich, gibt einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Dinge.

Von den für Produktsicherheit Verantwortlichen wird verständlicherweise erwartet, daß Gefahren möglichst von vornherein ausgeschlossen werden. Aber das ist in unserer Welt und bei unserer gewohnten Lebensweise nicht möglich.

Jeder einzelne braucht daher ein gewisses Verständnis für Produktsicherheit, um mit den chemischen Stoffen des täglichen Lebens in richtiger Weise umgehen zu können.

Das Aufgabengebiet Produktsicherheit innerhalb eines Unternehmens dient der Schadensverhütung. Dies geschieht durch gezielte Information über relevante Produkteigenschaften und den sicheren Umgang mit Produkten, sowie die Erfüllung gesetzlicher Verpflichtungen. Die nötigen Risikoabschätzungen sind häufig Grundlage für unternehmenspolitische Entscheidungen bezüglich Gesundheit, Sicherheit und Umwelt.

Gesetzliche und andere Regelungen

Werfen wir einen kurzen Blick auf die wichtigsten gesetzlichen Regelungen und Maßnahmen, die dem Schutz vor schädlichen Einwirkungen gefährlicher Produkte - also der Produktsicherheit - dienen.

Das **Chemikaliengesetz** bezieht sich auf die Bereiche Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutz. Danach müssen Mensch und Umwelt vor schädlichen Einwirkungen gefährlicher Stoffe geschützt werden. Dieses Ziel soll durch die Verpflichtung zur Prüfung und Anmeldung von Stoffen, zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung gefährlicher Produkte und andere Regelungen erreicht werden.

Nach diesem Gesetz darf ein chemisches Produkt nur dann in den Verkehr gebracht werden, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind, die das Chemikaliengesetz vorgibt. Außer der Europäischen Union haben eine Reihe anderer Länder entsprechende Gesetze erlassen. Das Chemikaliengesetz unterscheidet zwischen alten Stoffen, die vor dem Stichtag 18. September 1981 schon auf dem Markt waren, und neuen Stoffen. Erstere sind in einem „Altstoffregister“ genannt. Die neuen Stoffe dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie zuvor in bestimmter Weise untersucht und bei der zuständigen Behörde angemeldet worden sind. Hierfür sind aufwendige physikalisch-chemische, toxikologische und ökologische Prüfungen erforderlich. Aber auch bei den Altstoffen müssen gefährliche Eigenschaften ermittelt und kenntlich gemacht werden.

1.64



Eine Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen und Maßnahmen sorgt für den Schutz der Verbraucher und Beschäftigten vor schädlichen Einwirkungen gefährlicher Produkte

A great many laws, regulations, and measures provide for the protection of consumers and employees against the harmful effects of hazardous products.

*The last twenty-five years have witnessed the conspicuous development of a specialised field that has come to deal intensively with the (known) risks associated with chemicals. The name it is generally given today is "product safety". Under product safety, the risks are identified, the requisite protective measures elaborated, and the whole presented in a form that can be understood by both the experts and the lay alike. It is especially the information on possible risks and their prevention that is of particular importance to us all. After all, everybody comes into contact with chemicals every day, whether they know it or not. Dr Ingo Craubner, responsible for the field of product safety for **Wacker-Chemie's** silicone line, presents an overview of the present state of affairs.*

It is, understandably, expected of persons responsible for product safety that risks are excluded from the very outset. Yet in our world and with our accustomed way of life this is not possible.

So each and every one of us needs a certain understanding of product safety if we are to be able to handle the chemical substances of our daily lives in the proper way.

The field of activities dealing with product safety within a company serves to prevent damage and injury. This takes the form of specific information on relevant product properties, the safe handling of the products, and compliance with the legal requirements. The necessary risk assessments frequently form the basis for decisions affecting corporate policies on health, safety, and the environment.

Legal and other rules

Let us take a look at the most important legal rules and measures that are intended to provide protection against the harmful effects of hazardous products, i.e. that define the product safety.

*The **Chemikaliengesetz** [toxic substances control act] applies to the fields of health protection, industrial safety, and environmental protection and stipulates that persons and the environment must be protected against the harmful effects of hazardous substances. This must be attained through the obligation to test and register substances, to classify, designate, and package hazardous products, and other regulations.*

According to this act, a chemical product may be brought into service only when certain requirements that the Chemikaliengesetz specifies have been fulfilled. Not only the European Union, also a number of other countries have enacted corresponding legislation. The Chemikaliengesetz distinguishes between "old" substances, which were already on the market before the effective date of 18 September 1981, and "new" substances. The former are listed in the so-called "Altstoffregister" ["old substances register"]. The new substances may be brought into service only when they have been previously examined in a particular manner and registered at the competent authority. The examinations needed involve complex physico-chemical, toxicological, and ecological tests. But the hazardous properties of the old substances, too, have to be investigated and identified.

Das Chemikaliengesetz schreibt weiterhin vor, daß alle chemischen Produkte in geeigneter Weise verpackt und gekennzeichnet werden, sofern sie gefährliche Eigenschaften aufweisen. Für die Kennzeichnung werden je nach Gefährdung zehn verschiedene Symbole auf orangegelbem Untergrund verwendet, außerdem die sogenannten R-Sätze als Gefahrenhinweise (z.B. R10 bedeutet „entzündlich“) und S-Sätze als Sicherheitsratschläge (z.B. S3 steht für „kühl aufbewahren“).

Das Chemikaliengesetz gibt der Bundesregierung die Möglichkeit, die Herstellung und Verwendung bzw. das Inverkehrbringen gefährlicher Produkte zu beschränken oder zu untersagen. Es existiert eine **Chemikalien-Verbotsverordnung**, in der Beschränkungen für 19 Stoffe und Stoffgruppen genannt sind.

Der Schutz von Beschäftigten ist ausführlich in der Gefahrstoffverordnung geregelt. Besonderer Schutz gilt Jugendlichen und werdenden oder stillenden Müttern. Der Arbeitgeber hat die Verpflichtung, Gefahrstoffe zu ermitteln und deren Verwendung soweit möglich zu vermeiden. Bei Verwendung von Gefahrstoffen hat der Arbeitgeber eine Schutzpflicht, die in verschiedenen Vorschriften und Regeln festgelegt ist. Außerdem besteht eine Überwachungspflicht, wenn gefährliche Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz nicht auszuschließen sind. Begriffe wie Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert), Technische Richtkonzentration (TRK) und Biologischer Arbeitsplatztoleranzwert (BAT) sind hier von Bedeutung. Ergebnisse von Ermittlungen und Messungen sind mindestens 30 Jahre aufzubewahren. Die Gefahren und nötigen Schutzmaßnahmen sind in **Betriebsanweisungen** festzuhalten und den Beschäftigten mitzuteilen.

Von besonderer Bedeutung ist das **Sicherheitsdatenblatt**, das durch die Gefahrstoffverordnung für alle gefährlichen Produkte, die in den Verkehr gebracht werden, vorgeschrieben ist.

Das **Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter** gilt für den Transport mit Eisenbahn-, Straßen-, Wasser- und Luftfahrzeugen. Eine Reihe von Verordnungen, Richtlinien und internationaler Vereinbarungen regelt den Transport zu Land, zu Wasser und in der Luft.

Zweck des **Bundes-Immissionsschutzgesetzes** und zugehöriger Verordnungen ist es hauptsächlich, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen.

Eine Benutzung der Gewässer, so bestimmt es das **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)** und die zugehörigen Verordnungen und Verwaltungsvorschriften, bedarf in der Regel der behördlichen Erlaubnis oder Bewilligung. Unbefugtes Verunreinigen - ein sehr weitgefaßter Begriff - wird im Umweltstrafrecht auch schon bei Fahrlässigkeit mit empfindlichen Strafen bedroht. Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser ist an die Einhaltung strenger Anforderungen gebunden.

Alle chemischen Produkte müssen in Wassergefährdungsklassen eingestuft werden (WGK 0 bis 3). Entsprechend dieser Einstufung sind unterschiedliche Vorsichtsmaßnahmen beim Lagern, Abfüllen, Umschlagen und Befördern der Produkte zu treffen.

Das sehr weitreichende **Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz** mit den zugehörigen Verordnungen und Richtlinien unterscheidet zwischen Lebensmittel-Zusatzstoffen und den sogenannten Bedarfsgegenständen, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen können. Hierzu gehören z.B. Verpackungen, aber auch Bekleidung oder Spielwaren und sogar Reinigungs- und Pflegemittel. Auch kosmetische Mittel fallen unter dieses Gesetz. Für viele chemische Produkte ist daher die Frage zu klären, ob sie den Bestimmungen dieses Gesetzes entsprechen, und das heißt vor allem, daß sie keine gesundheitsschädigenden Wirkungen aufweisen dürfen.

Auch Fragen der gefahrlosen, umweltverträglichen Entsorgung oder Verwertung von Produktabfällen gehören zur Produktsicherheit, sie sind im **Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz** mit zugehörigen Verordnungen geregelt.

The Chemikaliengesetz also prescribes that all chemical products, provided they exhibit dangerous properties, are packaged and labelled in a suitable manner. Depending on the danger level posed, chemical products are labelled with one of ten different symbols on an orange yellow background, in addition with the so-called R phrases serving as danger notices (e.g. R10 for "flammable") and S phrases serving as safety advice (e.g. S3 for "keep in a cool place").

The Chemikaliengesetz enables the federal government to restrict or forbid the manufacture, application, or other introduction of hazardous products. The **Chemikalien-Verbotsverordnung** [chemical prohibitions] lists restrictions on nineteen substances and substance groups.

The protection of employees is regulated in detail under the Gefahrstoffverordnung [toxic chemicals ordinance]. Special protection applies to adolescents and nursing and expectant mothers. The employer is obliged to identify hazardous substances and to prevent their application as far as possible. Before authorising the use of hazardous substances, the employer is obliged to implement protective measures that are set down in various sets of rules and regulations. Furthermore, the employer is obliged to implement monitoring measures when the possibility of hazardous substances contaminating the air at the workplace cannot be excluded. Important terms that find application here are maximum workplace concentration (the MAK value), technical orientation concentration (TRK), and biological threshold limit value at the workplace (BAT). The results obtained from investigations and measurements must be kept on record for at least thirty years. The risks and the requisite protective measures must be set down in **operating instructions** and the employees informed thereof.

Of particular importance is the **safety data sheet** which the Gefahrstoffverordnung prescribes for all hazardous products that are brought into service.

The **Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter** [carriage of dangerous substances act] applies to transport by rail, road, water, and air and is supported in addition by various bodies of regulations, guidelines, directives, and international agreements.

The primary objective of the **Bundes-Immissionsschutzgesetz** [federal immissions protection act] and its appurtenant regulations is to protect persons, flora and fauna, the soil, water, and the atmosphere as well as cultural and other assets from the damaging effects of the environment.

The use of the waters, as stipulated in the **Wasserhaushaltsgesetz** or **WHG** [water laws] and the appurtenant regulations and administrative provisions, requires as a rule the permission or approval of the pertinent authorities. The environmental criminal laws severely punish unauthorised contamination (a very broadly defined term), even when the cause is negligence. And strict requirements must be observed before permission is granted to discharge waste water.

All chemical products must be categorised into groups depending on the hazardous effects they have on water. These groups are designated WGK 0 to WGK 3 and require that different precautionary measures are implemented when the products are stored, packaged, handled, and conveyed.

The very extensive **Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz** [food and commodities act] with the appurtenant regulations and guidelines distinguishes between food additives and the so-called commodities that can come into contact with food. Such commodities include, for example, packaging, but also clothing or toys, and even cleaning agents. Also cosmetic products come under this act. So for many chemical products, the question must be clarified as to whether they comply with the terms under this act, and this means above all that they must not exercise any effects harmful to health.

Also issues concerning the harmless, environmentally compatible disposal or recycling of product waste forms part of product safety and are regulated under the **Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz** [recycling and waste act] with the appurtenant regulations.

Die Erfassung und Bestimmung sicherheitsrelevanter Produkteigenschaften

Aufgrund der skizzierten Aufgaben müssen im Prinzip von allen chemischen Produkten im Unternehmen die bekannten sicherheitsrelevanten Produkteigenschaften erfaßt und nicht bekannte bestimmt werden. Mit Hilfe dieser Daten sind Gefährdungspotentiale festzustellen und Risikoeinschätzungen durchzuführen. Es werden physikalisch-chemische, toxikologische und ökotoxikologische Eigenschaften hierfür herangezogen.

Es ist sicher verständlich, daß der physikalische Zustand -fest, flüssig oder gasförmig-, die Brennbarkeit, die Löslichkeit, die Eigenschaften sauer, basisch oder neutral, die Reaktionsfähigkeit und andere Eigenschaften für die Produktsicherheit von Bedeutung sind. Diese Eigenschaften sind objektiv feststellbar und lassen Gefährdungspotentiale im allgemeinen gut erkennen.

Sehr viel schwieriger ist es, **toxikologische Potentiale** und die **Umweltverträglichkeit** festzustellen. Hierunter versteht man die möglichen kurz- und längerfristigen, direkten und indirekten Schadwirkungen, einschließlich deren Relevanz in belebter und unbelebter Natur. Man unterscheidet zwischen akuter, subakuter und chronischer Toxizität, fragt nach reizenden, ätzenden und sensibilisierenden sowie fortpflanzungsgefährdenden, erbgutverändernden und krebserzeugenden Eigenschaften, der Toxizität gegenüber Wasserorganismen, Bodenorganismen, Pflanzen und anderem. Von großer Bedeutung sind biologische und abiotische Abbaubarkeit, Bioakkumulation und Mobilität in der Umwelt.

Zahlreiche **Informationen** findet man in der **Fachliteratur**. Oft sind diese Ergebnisse jedoch nicht ausreichend, unter abweichenden Bedingungen gemessen oder aus sonstigen Gründen nicht verwendbar. Wenn entscheidende Daten nicht beschafft werden können und keine sinnvollen Analogieschlüsse möglich sind, müssen entsprechende Untersuchungen durchgeführt werden. Eine wesentliche Hilfe ist die Zusammenarbeit mit anderen Firmen, mit denen man sonst im Wettbewerb steht. In Fragen der Produktsicherheit hat sich weltweit eine für alle Beteiligten oft sehr nützliche Beziehung herausgebildet.

Chemische Produkte können einzelne Stoffe, Zubereitungen (Stoffgemische) oder andere Erzeugnisse sein. Da toxikologische und ökologische Untersuchungen in der Regel an reinen Stoffen durchgeführt werden, erfolgt die Beurteilung zusammengesetzter Produkte, soweit möglich, aufgrund ihrer Bestandteile. Wenn Anhaltspunkte dafür bestehen, daß das Zusammenwirken verschiedener Stoffe wesentliche nachteilige Wirkungen hat, müssen auch zusammengesetzte Produkte experimentell untersucht werden.

Außer der experimentellen Toxikologie kommt auch die **Epidemiologie**, d.h. die gezielte Untersuchung von Auswirkungen auf den Menschen, zur Ermittlung gesundheitsrelevanter Eigenschaften infrage (z.B. bei Arzneimitteln oder Kosmetikartikeln). Die so erhaltenen Erkenntnisse und auch Informationen aus den Behandlungszentren für Vergiftungen können höhere Aussagefähigkeit haben, als die durch Tierversuche und in vitro-Tests ermittelten Daten.

Wenn ein Stoff schädliche Wirkungen zeigt, kann eine Risikobewertung in Bezug auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt erforderlich werden. Hierfür benötigt man außer den schon genannten Daten auch Informationen über die Exposition, d.h. über Stoffkonzentrationen und Wege der Einwirkung auf Mensch und Umwelt sowie den Grenzwert der Konzentration, bei der noch keine Schädigung zu beobachten ist.

Identifying and defining safety-relevant product properties

In face of the tasks outlined above, a company must in principle identify the known safety-relevant properties of its chemical products and define the unknown properties. Based on these data, the potential dangers must be determined and the risks assessed on the basis of the physico-chemical, toxicological, and ecotoxicological properties.

It should be evident that the physical state (solid, liquid, gaseous), combustibility, solubility, the pH values, the reactivity, and other properties are important for the product safety. These properties can be determined objectively and generally provide a good picture of potential dangers.

*Much more difficult, however, is determining the **toxicological potential** and the **environmental compatibility**. These terms cover possible short- and long-term, direct and indirect harmful effects including their relevance in animate and inanimate nature. Distinctions are drawn between acute, subacute, and chronic toxicity, questions asked as to irritating, caustic, or sensitising properties as well as to properties that are harmful to biological reproduction, induce mutation, or are carcinogenic, and the toxicity assessed with respect to aquatic organisms, soil organisms, flora, and others. Of great importance are biodegradability and abiotic degradability, bioaccumulation, and mobility in the environment.*

*A wide range of **information** can be obtained from **specialist literature**. However, these results often prove unsatisfactory when transferred to other conditions, or cannot be utilised for a number of other reasons. If crucial data cannot be acquired and meaningful arguments by analogy are not possible, then the corresponding investigations must be conducted. Essential assistance can be obtained through cooperation with other firms that would otherwise be regarded as competitors. In issues of product safety, such a relationship has often proved useful to all parties throughout the world.*

Chemical products can be single substances, formulations (mixtures of more than one substance), or other products. Because toxicological and ecological investigations are generally conducted on pure substances, composite products are assessed as far as possible on the basis of their constituents. If, however, there is reason to believe that the interaction between various substances gives rise to essentially deleterious effects, then composite products, too, must be subjected to experimental investigations.

*Not only experimental toxicology, also **epidemiology**, i.e. the specific investigation into the effects on people, can find application in determining properties relevant to health (e.g. medicines or cosmetics). The results obtained from this method as well as information from treatment centres for poison cases have a far higher utilisable content than data supplied from animal experiments or in vitro tests.*

When a substance exhibits harmful effects, a risk assessment may become necessary with respect to human health and the environment. This assessment needs not only the data given above, but also information on the exposure, i.e. on the concentration of the substance and the ways it can effect persons and the environment as well as the limit of concentration above which the first signs of harmful effects can be observed.

Literatur für Verarbeiter, Gewerbebetriebe, Gefahrgutbeauftragte

Unfallverhütungsvorschrift VBG 81 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Abschnitt 48 "Verarbeitung von Klebstoffen". Erhältlich beim Jedermann-Verlag Dr. Otto Pfeffer oHG, Hans-Böckler-Str. 4, 69115 Heidelberg.

Buch "**Gefahrstoffverordnung**" mit Anhang
Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Str. 449, 50939 Köln
ISBN 3 452 23134-8

Merkblatt M 004
"Reizende Stoffe/Ätzende Stoffe"

Merkblatt M 023
"**Polyester- und Epoxidharze**"
erhältlich bei der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie,
69115 Heidelberg

oder bei

Jedermann-Verlag Dr. Otto Pfeffer oHG,
Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg

Literature for processors, business enterprises, authorised agents for hazardous goods

Unfallverhütungsvorschrift VBG 81 [accident prevention regulations] from the Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Section 48 "Verarbeitung von Klebstoffen" ("processing adhesives") available from Jedermann-Verlag Dr. Otto Pfeffer oHG, Hans-Böckler-Str. 4, 69115 Heidelberg

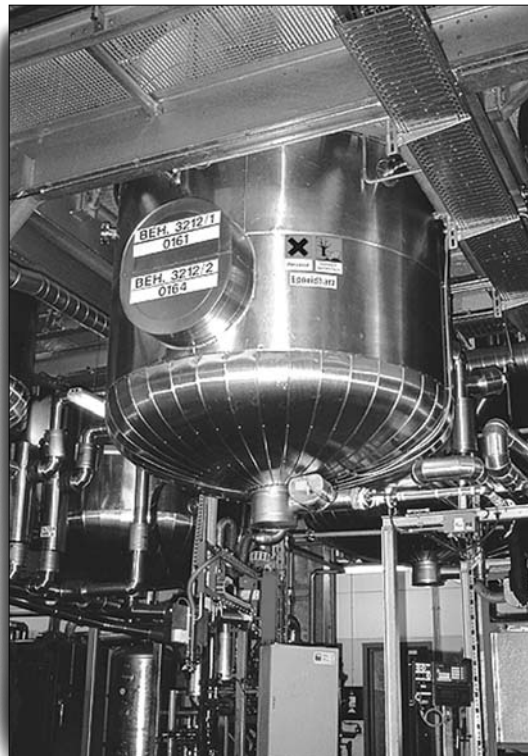
The book **Gefahrstoffverordnung** [toxic chemicals ordinance] with appendix
Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Str. 449, 50939 Köln
ISBN 3 452 23134-8

Merkblatt M 004 [code of practice for irritants and caustics]
"Reizende Stoffe / Ätzende Stoffe"

Merkblatt M 023 [code of practice for polyester and epoxy resins]
"**Polyester- und Epoxidharze**"
available from the Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie,
69115 Heidelberg

or from

Jedermann-Verlag Dr. Otto Pfeffer oHG, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg



Epoxydharz-Lagertank bei der Bakelite AG

Epoxy resin storage tank at Bakelite AG

1 Epoxyd- und Polyesterharze haben in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen und werden heute in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen eingesetzt. Trotz dieser weiten Verbreitung sind bislang keine schwerwiegenden Gesundheitsschäden bekannt geworden, die auf dermatologische oder toxische Wirkungen der Flüssigkunststoffe zurückzuführen wären. Diese positive Bilanz wurde möglich durch einen vorbeugenden Arbeitsschutz, d.h. Einhaltung der gewerbehygienischen Vorschriften und durch die Auswahl verträglicher Harz/Härter-Systeme.

"Jahrelange Erfahrungen bei der Verarbeitung von Epoxydharzsystemen haben gezeigt, daß ein gesundheitsgefährdendes Risiko bei Beachtung der allgemeinen Vorsichtsmaßnahmen, wie sie beim Umgang mit Chemikalien üblich sind, und bei Einhaltung der sicherheitstechnischen und arbeitshygienischen Maßnahmen, wie sie von den Herstellern der Epoxydharz-Systeme empfohlen und von Behörden vorgeschrieben werden... verhindert werden konnte." ¹⁾

Zu unterscheiden sind:

- Wirkung der Harze und Härter in **reiner, ungemischter Form**
- Wirkung der **Harz/Härter-Mischung**, wie die Produkte in der Praxis verarbeitet werden

Aussagen über die Giftigkeit (LD₅₀-Werte etc.) einzelner Produkte für sich alleine gesehen geben nicht unbedingt einen verlässlichen Hinweis darauf, ob die Systeme in der Praxis gut verträglich sind.

Nach der Härtung sind die Formstoffe, bei Einhaltung der Verarbeitungsvorschriften wie z.B. dem Mischungsverhältnis und der Härtungsbedingungen, vollkommen inert und unschädlich.

Schädigungen werden daher im Zeitraum zwischen dem Anmischen von Harz und Härter und dem Gelieren verursacht.

Zu unterscheiden sind hier **Hautreizungen** und **Allergien**.

Hautreizungen

Bei akuten Hautreizungen bilden sich rote Flecken z.B. auf den Handrücken, den Fingern und verschiedenen Partien des Gesichtes und des Halses. Mit Hilfe entsprechender Hautschutzsalben und peinlich genauer Einhaltung der hygienischen Verarbeitungsvorschriften klingen diese Symptome meist innerhalb von 1 - 2 Tagen bis ca. 2 Wochen ab, wobei die Flecken abschuppen und der Juckreiz verschwindet. Langzeituntersuchungen sowie Auswertungen der täglichen Praxis am Arbeitsplatz zeigen, daß bei dem überwiegenden Teil der Beschäftigten die Dermatose nicht über das Stadium einer harmlosen Hautreizung hinausgeht. Es tritt also eine Anpassung der Haut (Desensibilisierung) ein. Wie in anderen Fällen von Berufsdermatosen kann es ratsam sein, die beschäftigten Personen nicht bei den ersten Anzeichen einer Hautreizung vom Arbeitsplatz fortzunehmen, damit Gelegenheit zur Anpassung und Desensibilisierung gegeben wird.

Allergien

Allergien sind unkontrollierte Abwehrreaktionen des Körpers. Die Symptome sind vielseitig und reichen von Schwellungen bis zur Bildung stark juckender Pusteln und Blasen. In diesen Fällen muß zu einem Wechsel des Arbeitsplatzes geraten werden.

Arbeitsschutzmaßnahmen

Neben einigen betrieblichen Einrichtungen ist die persönliche Hygiene des Verarbeiters am wichtigsten. Die meisten **Gesundheitsgefährdungen** entstehen durch **leichtfertigen Umgang** mit den Gefahrstoffen.

¹⁾Text von Dr. F. Galle Kunststoff-Handbuch Duroplaste 10, Hanser-Verlag, München.

Over the last few years epoxy and polyester resins have been gaining in importance and are today used in the most diverse range of applications. Yet in spite of this, there has as yet been no case of any serious damage to health that could be put down to dermatological or toxic effects of liquid plastics. These positive results were made possible by a preventive policy of industrial safety, i.e. adherence to regulations governing industrial hygiene and the choice of compatible resin / hardener systems.

"Years of experience in the processing of epoxy resin systems have shown that risks prejudicial to health [...] can be prevented when we observe the general precautions usually applying to the handling of chemicals and follow exactly the safety and industrial hygiene measures as recommended by the manufacturers of epoxy resin systems and stipulated by the authorities."¹⁾

Two distinctions are made here:

- the effects of resins and hardeners in **pure, unmixed form**
- the effects of a **mixture of resin and hardener**, as the products are processed in practice.

Statements on the toxicity (LD₅₀ values, etc.) of the individual products when in pure form do not necessarily provide reliable information as to whether the systems themselves exhibit adequate compatibility in practice.

Provided that the processing regulations for e.g. the mixing ratio and the curing conditions have been observed, the moulded materials after curing are completely inert and harmless.

*So **harm** is caused in the time it takes for the resin and hardener to be mixed and for the mixture to gel.*

*The form this harm takes can be divided into **skin irritation** and **allergies**.*

Skin irritation

In the case of acute skin irritation, red spots develop, for example, on the backs of the hands, the fingers, and parts of the face and neck. When a suitable protective skin cream is applied and the regulations for hygienic processing are followed with painstaking precision, these symptoms mostly disappear after one or two days to about two weeks, whereby the spots peel off and the itching stops. Long-term studies and evaluations of data obtained from the daily routine at the workplace have shown that for the majority of employees this dermatosis does not develop into anything more serious than a harmless irritation of the skin. In other words, the skin adapts, or desensitises. As in other cases of occupational dermatosis, it is often advisable not to remove the affected person from the workplace at the first signs of a skin irritation so that the skin is given an opportunity to adapt and desensitise.

Allergies

Allergies are uncontrolled defensive reactions of the body. The symptoms are many and range from swellings to the formation of highly itchy pustules and blisters. In this event, the best advice is a change of workplace.

Industrial safety precautions

*Besides a certain number of operational installations, the personal hygiene of the processor is the most important contribution. Most **health hazards** arise as a result of **carelessness in handling** hazardous substances.*

¹⁾ From Dr F Galle's "Kunststoff-Handbuch Duroplaste 10", Hanser-Verlag, München



Alle Gefahrstoffverpackungen enthalten **Gefahrenhinweise** (R-Sätze) und **Sicherheitsratschläge** (S-Sätze), die beachtet werden müssen.

All packaging for hazardous substances bear **danger notices** (R phrases) and **safety advice** (S phrases) that must be observed.

1

- **Direkten Hautkontakt vermeiden**
Schutzhandschuhe und/oder spezielle Hautschutzcremes verwenden; Sekundärkontaminationen (Übertragung über Gegenstände, die normalerweise sauber sein sollten, wie Telefonhörer, Türklinken etc.) vermeiden. Verschüttete Chemikalien bzw. Tropfnasen an den Gebinden sofort entfernen (Reinigungstücher, Reinigungsmittel).
- **Hautverschmutzungen sind sofort mit Papiertüchern zu beseitigen.**
Die betroffenen Stellen müssen anschließend mit einem Handreiniger (siehe R&G-Hautschutzprogramm) gewaschen, abgetrocknet und mit einer Hautcreme gepflegt werden.
- **Das Einatmen von Harz- und Härterdämpfen ist zu vermeiden.**
Dies gilt auch für den Schleifstaub gehärteter Epoxidharzmassen. Chemikalienbehälter möglichst nicht über weite Strecken offen transportieren. Harz und Härter sollten in der Nähe der Verarbeitungsstelle gemischt werden.
- **Nicht essen, trinken und rauchen während der Arbeit.**
Nach dem Arbeitsende und vor der Benutzung der Toilette Hände gründlich reinigen.
- **Die Hautreinigung darf nur mit speziellen, schonenden Handreinigern erfolgen.**
Keine Lösemittel (Aceton oder ähnliches) verwenden, da diese die Haut austrocknen und verspröden. Falsche Pflege ist in vielen Fällen der Grund für eine Sensibilisierung.
- **Zum Abtrocknen der Hände möglichst nur Einweg-Papiertücher verwenden.**
Hände nach dem Waschen mit einer feuchtigkeitsspendenden Creme pflegen.

- **Avoid direct contact with the skin**
Use protective gloves and / or special protective skin creams, and prevent secondary contamination (for example via objects that should normally be clean such as telephone receivers, door handles, etc.). Immediately remove spilled chemicals or drips on the packaging (cleaning cloths, cleaning agents).
- **Any soiling of the skin must be removed immediately with paper towels.**
The affected places must then be washed with a hand cleanser (see R&G skin protection programme), dried, and a skin cream applied.
- **Inhaling resin and hardener vapours must be avoided.**
This also applies to the dust generated when cured epoxy resin compounds are ground. Wherever possible, do not transport open-topped receptacles filled with chemicals over long distances. The resin and hardener should be mixed near the processing site.
- **Do not eat, drink, or smoke during the work.**
After finishing work and before using the toilet, wash your hands thoroughly.
- **Skin must be cleansed with special, gentle hand cleansers only.**
Do not use solvents (such as acetone or similar) because these will dry out and chap the skin. In many cases, incorrect care is the reason behind sensitised skin.
- **Whenever possible, use only disposable paper towels to dry your hands.**
After washing your hands, apply a moisturising cream.

Betriebliche Voraussetzungen und Betriebsanweisung

Durch sinnvolle **Aufteilung der Arbeitsräume** sowie günstige **Gestaltung der Arbeitsabläufe** kann die Kontaktzeit mit Chemikalien eingeschränkt werden. Diese Empfehlung ist unabhängig von der jeweiligen Toxizität des eingesetzten Produktes, denn die Giftwirkung hängt bekanntlich von der Menge bzw. Expositionsdauer ab.

Für eine gute **Durchlüftung** der Arbeitsräume, ggf. durch eine Arbeitsplatzabsaugung, ist zu sorgen. Der Luftstrom soll dabei **Dämpfe** vom Verarbeiter **wegführen**. Am zweckmäßigsten ist eine Absaugung direkt an der Form.

Lösemitteldämpfe, z.B. von Styrol, sind schwerer als Luft und werden am besten in **Bodennähe** abgesaugt.

Handschuhe, Schutzcremes, Waschlösungen, Papierhandtücher sowie eine Erste-Hilfe-Ausstattung (inclusive Augenspülflasche) müssen vorhanden sein. Bei starker Dampf- bzw. Staubeentwicklung sind leichte Gasschutzmasken mit **Staubfilter** und **A2-Filter** gegen organische Dämpfe bereitzuhalten.

Die Mitarbeiter sind auf **Sauberkeit und Ordnung am Arbeitsplatz** hinzuweisen.

Zur Sauberkeit der Arbeitsstätte trägt auch die Verwendung von **Einmal-Arbeitsgeräten** bei (z.B. Pappbecher, Holz-Rührstäbchen, Einwegpinsel etc.). Daran haftende, ausgehärtete Harzreste sind inert.

Personen, die vorwiegend mit dem Zuschneiden von Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern beschäftigt sind, sollten wegen möglicher Mikroverletzungen der Haut durch Faserstaub nicht unmittelbar mit Laminierarbeiten betraut werden.

Operational requirements and operating instructions

Contact times with chemicals can be minimised when **the working areas are divided up sensibly** and **the sequence of operations planned economically**. This recommendation is not based on the toxicity of the product used: it is a known fact that toxic effects depend on the quantity and exposure time.

It must be ensured that the working areas are well **ventilated** or are fitted with extractors. The flow of air should **carry vapours away** from the processor. The most practical solution is an extractor installed directly at the mould.

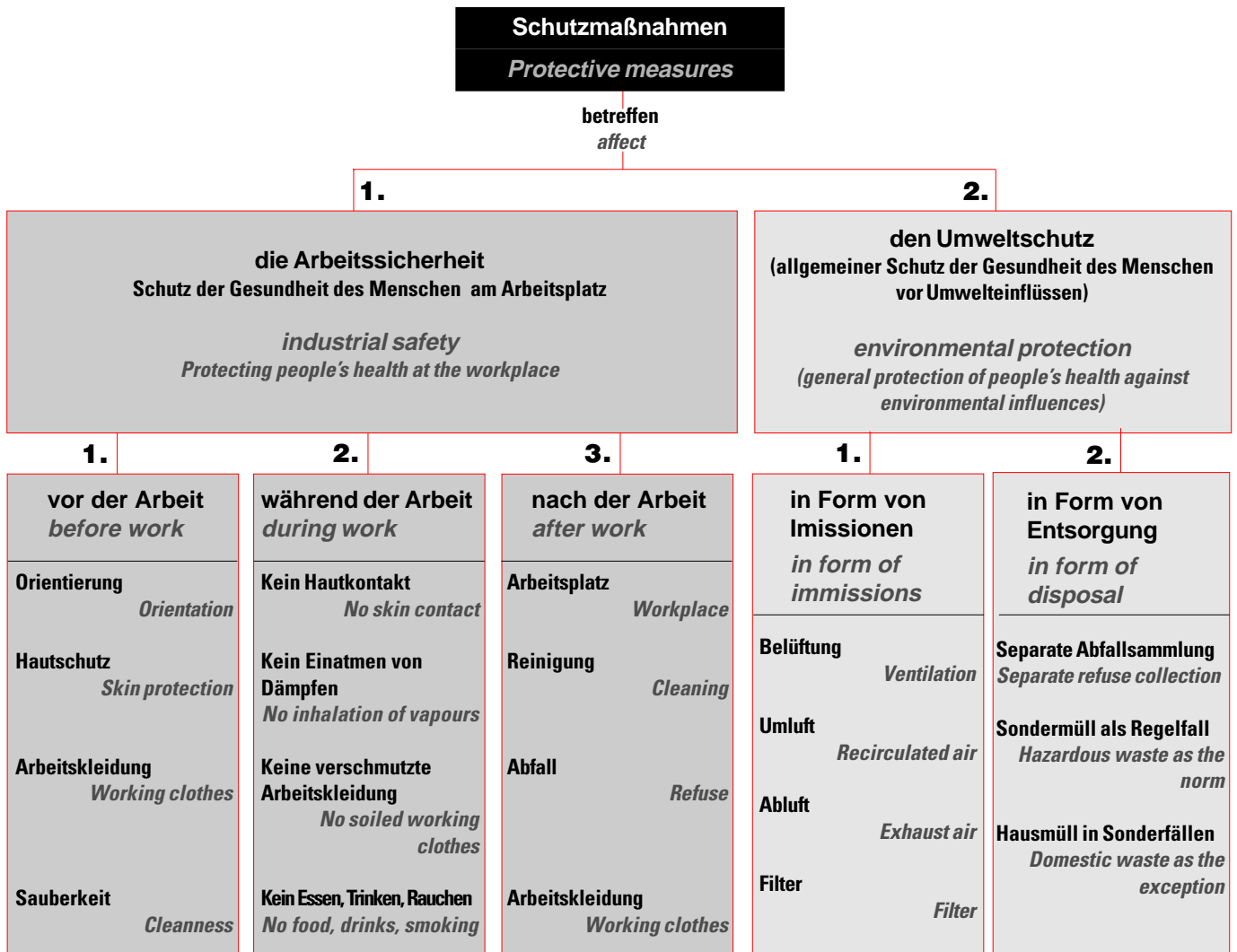
Vapours from solvents, e.g. styrene, are heavier than air and are best extracted **near the floor**.

Gloves, protective creams, washing solutions, paper towels, and a first-aid kit (including a bottle of eyebath solution) must be provided.

In the case of large quantities of vapour or dust, light gas masks with **dust and A2 filters** for organic vapours must be provided.

The personnel must be instructed to **keep their workplace clean and tidy**. Disposable tools can also be used to clean the workplace, e.g. paper cups, wooden stirring rods, disposable brushes, etc.). Any residue of cured resin adhering to the tools is inert.

Persons whose main task is to cut glass, aramid, or carbon fibres should not undertake laminating work directly afterwards owing to possible microscopic skin injuries caused by fibre dust.



Quelle/ Source: ibc

1. Allgemeine Hinweise zum Arbeitsschutz im Handbuch Seite 1.68 lesen.



1. Read the general notes on industrial safety on page 1.68 of this handbook.

2. Gefahrenhinweise und Sicherheitsratschläge auf den Liefergebinden beachten. Kleingebinde mit Gefahrgut, die auch an Endverbraucher gelangen könnten, sind bei R&G mit kindersicheren Verschlüssen ausgestattet. Dennoch: **Für Kinder unzugänglich aufbewahren!** Weitere Informationen enthalten die Sicherheitsdatenblätter.



2. Observe the danger notices and safety advice on the supplier's packaging. Smaller-sized packaging containing hazardous products that could reach the end consumer is fitted with childproof caps. Notwithstanding, **keep out of the reach of children!** Further information can be found in the safety data sheets.

3. Arbeitsschutz und Arbeitshygiene beachten! Persönliche Arbeitsschutzausrüstung (insbesondere Handschuhe oder Schutzcremes) benutzen!



3. Observe the instructions for industrial safety and industrial hygiene. Use personal industrial safety equipment (in particular gloves or protective creams).



Leichtentzündlich

Highly flammable

z.B.
Folientrennmittel
PVA (Alkohol)

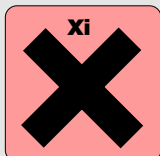
e.g. Film
release agent
PVA (alcohol)

Gefahrenhinweise
R 10: Entzündlich.

Sicherheitsratschläge
S 23.1: Aerosol nicht einatmen.

Danger notices
R 10: Flammable.

Safety advice
S 23.1: Do not inhale the aerosol.



Reizend

Irritant

z.B.
Epoxydharze

e.g.
Epoxy resins

Gefahrenhinweise
R 36/38: Reizt die Augen und die Haut.
R 43: Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.

Sicherheitsratschläge
S 37/39: Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
S 28: Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel Wasser und Seife.

Danger notices
R 36/38: Irritates the eyes and skin.
R 43: Skin contact can cause sensitisation.

Safety advice
S 37/39: During the work, wear suitable protective gloves and goggles or other eye protection (e.g. mask).
S 28: On contact with the skin, immediately wash with copious amounts of soap and water.



Brandfördernd

Supportive of combustion

z.B.
Peroxidhärter
(MEKP) für
Polyesterharz

e.g.
Peroxide
hardeners
(MEKP) for
polyester resins

Gefahrenhinweise
R 7: Kann Brand verursachen.
R 22: Gesundheitsschädlich beim Verschlucken.
R 34: Verursacht Verätzungen.

Sicherheitsratschläge
S 3/7: Behälter dicht geschlossen halten und an einem kühlen Ort aufbewahren.
S 14: Von reduzierenden Substanzen (z.B. Aminen), Säuren, Alkalien und Schwermetallverbindungen (z.B. Beschleunigern, Trocknungsmitteln, Metallseifen) fernhalten.
S 36/37/38: Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
S 50: Nicht mit Peroxidbeschleunigern oder Reduktionsmitteln mischen.

Danger notices
R 7: Can cause fire.
R 22: Harmful to health if swallowed.
R 34: Causes chemical burns.

Safety advice
S 3/7: Keep the container tightly sealed and store it in a cool place.
S 14: Keep away from reductive substances (e.g. amines), acids, alkalis, and heavy metal compounds (e.g. accelerators, desiccants, metallic soap).
S 36/37/39: During the work, wear suitable protective clothing, protective gloves, and goggles or other eye protection (e.g. mask).
S 50: Do not mix with peroxide accelerators or reducing agents.



Umweltgefährlich

Hazardous to the environment

z.B. Epoxydharze

e.g. Epoxy resins

Gefahrenhinweise

R 51/53: Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

Sicherheitsratschläge

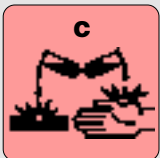
S 61: Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen/Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen.

Danger notices

R 51/53: Toxic to aquatic organisms, can retain its harmful effects in waters for longer periods.

Safety advice

S 61: Prevent its release into the environment: enquire about special instructions and / or consult the safety data sheet.



Ätzend

Caustic

z.B. Aminhärter für Epoxydharze

e.g. Amine hardener for epoxy resins

Gefahrenhinweise

R 34: Verursacht Verätzungen.
R 20/21/22: Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.
R 43: Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich.

Sicherheitsratschläge

S 1: Unter Verschluss aufbewahren.
S 2: Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
S 36/37/39: Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
S 26: Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt aufsuchen.
S 45: Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt hinzuziehen (wenn möglich, dieses Etikett vorzeigen).

Danger notices

R 34: Causes chemical burns.
R 20/21/22: Harmful to health if inhaled, swallowed, or allowed to contact the skin.
R 43: Skin contact can cause sensitisation.

Safety advice

S 1: Store under lock and key.
S 2: Keep out of the reach of children.
S 36/37/39: During the work, wear suitable protective clothing, protective gloves, and goggles or other eye protection (e.g. mask).
S 26: On contact with the eyes, immediately wash with copious amounts of water and consult a doctor.
S 45: In the event of an accident or indisposition, immediately consult a doctor (show this label whenever possible).



Gesundheitsschädlich

Harmful to health

z.B. ungesättigte Polyesterharze (Styrol)

e.g. unsaturated polyester resins (styrene)

Gefahrenhinweise

R 10: Entzündlich.
R 20: Gesundheitsschädlich beim Einatmen.
R 36/38: Reizt die Augen und die Haut.

Sicherheitsratschläge

S 1: Unter Verschluss aufbewahren.
S 2: Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
S 51: Nur in gut gelüfteten Bereichen verwenden.
S 26: Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt aufsuchen.
S 23: Bei Spritzverarbeitung zusätzlich beachten: Aerosole (Spritznebel) nicht einatmen.
S 38: Bei unzureichender Belüftung Atemschutzgerät anlegen.
S 45: Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt hinzuziehen (wenn möglich, dieses Etikett vorzeigen).

Danger notices

R 10: Flammable.
R 20: Harmful to health if inhaled.
R 36/38: Irritates the eyes and skin.

Safety advice

S 1: Store under lock and key.
S 2: Keep out of the reach of children.
S 51: Use only in well-ventilated rooms.
S 26: On contact with the eyes, immediately wash with copious amounts of water and consult a doctor.
S 23: When applying as a spray, ensure in addition that you do not inhale the spray mist (aerosol).
S 38: In poor ventilating conditions, wear breathing apparatus.
S 45: In the event of an accident or indisposition, immediately consult a doctor (show this label whenever possible).



Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Jordan

Universität-GH Paderborn

Das nachfolgende Beispiel zeigt, wie auf einfache Weise eine überschlägige Vordimensionierung von Faserverbundbauteilen möglich ist. Hier werden dabei Werkstoffkennwerte aus dem Segelflugzeugbau zugrunde gelegt. Für eine exakte Auslegung ist ggf. eine Ermittlung der Werkstoffkennwerte in Abhängigkeit vom Herstellverfahren erforderlich.

1. Einführung in die Problematik

2. Aufbau eines Kunststoffschalenstragflügels

3. Berechnungsbeispiel

- Ermittlung der Belastungen im Tragflügel
- Berechnung der Schnittlasten
- Dimensionierung der Gurtquerschnitte
- Ermittlung der Rovinganzahl in den Gurten
- Dimensionierung der Stegbeschichtung
- Ermittlung der erforderlichen Gewebestärke für die Gurtbeschichtung

4. Zusammenfassung

1. Einführung in die Problematik

Fragestellung beim Dimensionieren mit Faserverbundkunststoffen:

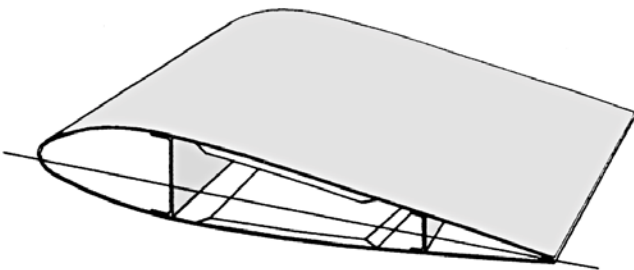
Welche Anzahl an Fasern sind erforderlich, damit das Bauteil den Beanspruchungen standhält?

Vorgehensweise bei einer überschlägigen Berechnung:

- Zunächst werden die Belastungen ermittelt.
- Die Belastungsarten werden unterschiedlichen Belastungsrichtungen zugeordnet.

Für jede Belastungsrichtung kann entsprechend gültiger Bauvorschriften die erforderliche Menge an Fasern errechnet werden.

2. Aufbau eines Kunststoffschalenstragflügels



Flügelschale als geschlossenes Profil
The skin of a wing, here depicted as a closed section

The simplified example given in the following shows how preliminary dimensions can be roughly calculated for fibre composite components. The values are based on material characteristics encountered in glider construction. Exact dimensioning may necessitate determining the material characteristics from case to case, which vary depending on the manufacturing method.

1. Introduction to the problems

2. Structure of a plastic monocoque wing

3. Example calculations

- Determining the loads in the wing
- Calculating the internal loads
- Dimensioning the brace sections
- Determining the number of rovings in the braces
- Dimensioning the web coatings
- Determining the thickness of the fabric needed for the brace coating

4. Summary

1. Introduction to the problems

The question that must be answered before dimensions are calculated with fibre composites is:

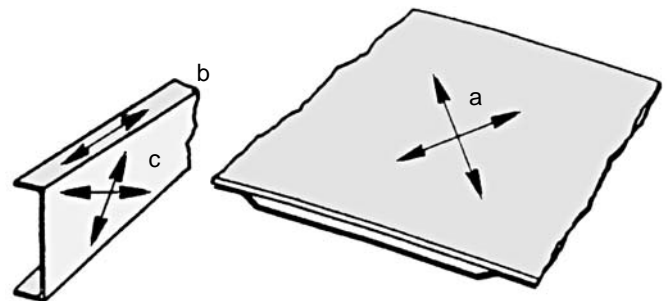
How many fibres are needed if the component is to withstand the loads acting on it?

Procedure for rough calculations:

- The loads must first be determined.
- The various loads must then be assigned directions.

For every direction of load, the quantity of fibres can be calculated as a function of values obtained from the pertinent construction regulations.

2. Structure of a plastic monocoque wing



- Flügelschale als geschlossenes Profil → Torsion des Flügels
The skin of the wing (here as a closed section) → for torsional strength
- Holmgurte → Biegesteifigkeit des Flügels
Spar booms → for the wing's flexural strength
- Schubsteg → nimmt die Querkräfte auf
Shear webs → for absorbing shear forces

1.74

Aufbau eines Kastenholmes

Structure of a box spar

- a) Ober- und Untergurt aus Kohlefaserrovings zur Aufnahme der Biegebelastung (Zug-Druckspannungen in Längsrichtung). Rechnerische Bruchspannung* bei einem Faservolumengehalt von 54 %:

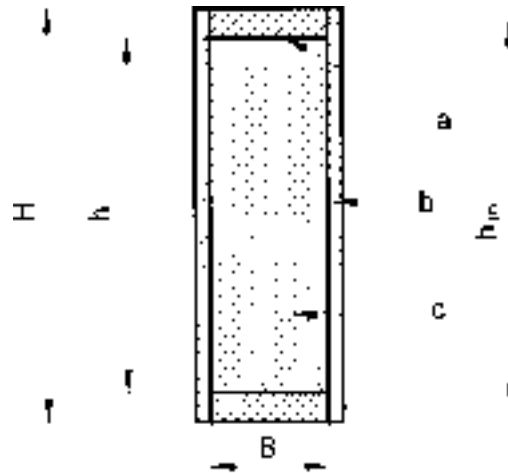
$$\sigma_{b,B} = 600 \text{ N/mm}^2$$

- b) Stegbeschichtung aus Kohlefaserwebbe zur Aufnahme der Querkräfte (Schubspannungen).

Rechnerische Bruchspannung bei einem Faservolumengehalt von 35 %:

$$\tau_B = 114 \text{ N/mm}^2$$

- c) Schaumstoffkern, um ein Ausbeulen der Stegbeschichtung zu verhindern (extrudierte Schaumstoffe mit besonderen Eigenschaften).



- a) Top and bottom booms of carbon-fibre rovings for absorbing the bending stresses (compressive and tensile stresses acting along the length).

Theoretical fracture stress* for a fibre volume content of 54 %:

$$\sigma_{b,B} = 600 \text{ N/mm}^2$$

- b) Web coating of carbon-fibre fabric for absorbing the shear forces (shear stresses).

Theoretical fracture stress for a fibre volume content of 35 %:

$$\tau_B = 114 \text{ N/mm}^2$$

- c) Foam core for preventing the web coating from belying (extruded foams with special properties).

* Wert nach IDAFLIEG, Dimensionierungsrichtwerte für den Motor- und Segelflugzeugbau, erhältlich beim Luftfahrt-Bundesamt, Hermann-Blenk-Str. 26, 38108 Braunschweig, Tel. 0531-2355-0, Fax 0531-2355-710

* Value obtained from IDAFLIEG's Dimensionierungsrichtwerte für den Motor- und Segelflugzeugbau, available from the federal aviation authority: Luftfahrt-Bundesamt, Hermann-Blenk-Str. 26, D-38108 Braunschweig, Germany, tel. +49 (0)531 2355-0, fax: +49 (0)531 2355-710

3. Berechnungsbeispiel

Es soll der Tragflügelholm eines Leichtflugzeuges als Kastenholm dimensioniert werden. Gesucht ist die Anzahl der Rovings im Ober- und Untergurt. Weiterhin ist die Anzahl der Gewebelagen für die Stegbeschichtung zu ermitteln.

3. a) Ermittlung der Belastungen im Tragflügel

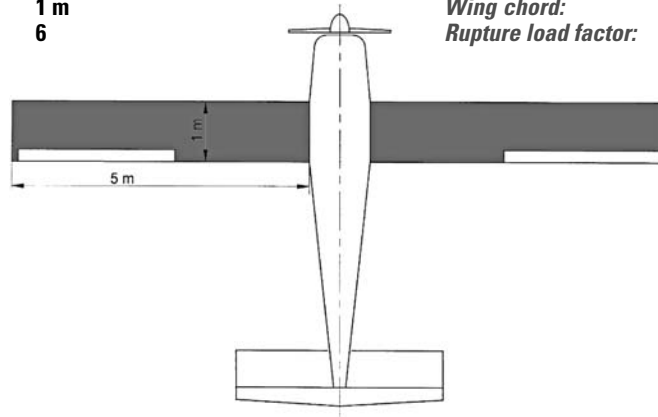
Gesamtabfluggewicht: 340 kg
 Eigengewicht der Tragflügel: 40 kg
 Gesamtflügelfläche: 10 m²
 Tragflügeltiefe: 1 m
 Bruchlastvielfaches: 6

3. Example calculations

The wing spar of a light plane is to be dimensioned as a box spar. What has to be determined here is the number of rovings in the top and bottom boom as well as the number of fabric plies for the web coating.

3. a) Determining the loads in the wing

Total take-off mass: 340 kg
 Weight of the wings: 40 kg
 Total wing area: 10 m²
 Wing chord: 1 m
 Rupture load factor: 6



Vereinfachte Annahme: Der Tragflügel trägt sich selbst.

Für die Dimensionierung der Tragflügelholme ist die am Rumpf konzentrierte Masse maßgeblich.

For the sake of simplicity, the calculations will assume that the wing is self-supporting.

The mass concentrated at the fuselage is a decisive factor influencing the wing spar's final dimensions.

Bei einem Lastvielfachen von 6 g müssen die Tragflügel folgende Auftriebskraft liefern, um den Rumpf zu tragen:

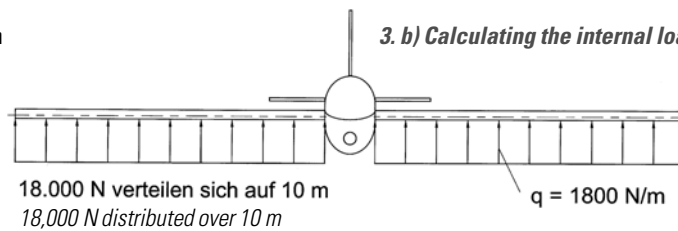
With a load factor of 6, the lift that the wings must provide to carry the fuselage is calculated as follows:

$$F = 300 \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 18.000 \text{ N}$$

$$F = 300 \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 18.000 \text{ N}$$

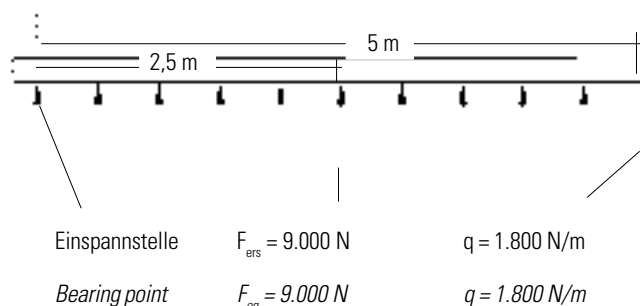
3. b) Berechnung der Schnittlasten

3. b) Calculating the internal loads



Das mechanische Modell zur Ermittlung der Schnittlasten in einer Tragflügelhälfte ist:

The mechanical model for determining the internal loads in one half of the wing:



Die mittig anzuordnende Ersatzkraft weist zur Einspannstelle im Rumpf einen Hebelarm von 2,5 m auf.

Der Moment an der Einspannstelle ist damit:

$$9.000 \text{ N} \cdot 2,5 \text{ m} = 22.500 \text{ Nm}$$

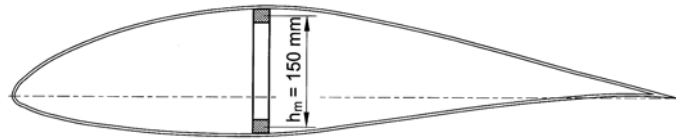
Die Querkraft an der Einspannstelle ist:

$$F_q = 9.000 \text{ N}$$

3. c) Dimensionierung der Gurtquerschnitte

Bei positiver Abfanglast entstehen im Untergurt Zug- und im Obergurt Druckkräfte. Diese Kräfte bilden das Gegenmoment zum Biegemoment im Tragflügel. Die mittlere Gurthöhe sei hier:

$$h_m = 150 \text{ mm}$$



Die Gurtkräfte sind:

$$F_{\text{Zug, Druck}} = \frac{\text{Moment}}{\text{Hebelarm}} = \frac{22.500 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m}} = 150.000 \text{ N}$$

Bei einer rechnerisch zulässigen Biegebruchspannung von $\sigma_{b,B} = 600 \text{ N/mm}^2$ ist folgender Gurtquerschnitt erforderlich:

$$\text{Querschnitt} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Spannung}} = \frac{150.000 \text{ N}}{600 \text{ N/mm}^2} = 250 \text{ mm}^2 = 2,5 \text{ cm}^2$$

3. d) Ermittlung der erforderlichen Rovinganzahl in den Gurten

Der Gurt muß mindestens die Anzahl von Kohlefaserrovings enthalten, die einem Faservolumengehalt von 54 % entsprechen. Maßgeblich ist dabei nicht der Querschnitt, sondern die Anzahl korrekt verlegter und korrekt getränkter Fasern.

Es werden Fasern der Stärke **1610 tex = 1610 g/km** verwendet. Bei einer Dichte $\rho_{\text{Faser}} = 1,8 \text{ g/cm}^3$ ist der Querschnitt einer einzelnen Faser:

$$A_{\text{Faser}} = \frac{1610 \text{ g} \cdot \text{cm}^3}{\text{km} \cdot 1,8 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{100.000 \text{ cm}} = 0,00894 \text{ cm}^2$$

54 % des Gurtquerschnittes sind der Faseranteil, der Rest ist Harzanteil. Jeder Gurt muß also folgende Anzahl der beschriebenen Rovings enthalten:

$$\begin{aligned} \text{Anzahl der Rovings} &= 0,54 \cdot \frac{\text{Gesamtquerschnitt}}{\text{Querschnitt des Einzelrovings}} \\ &= \frac{2,5 \text{ cm}^2}{0,00894 \text{ cm}^2} \cdot 0,54 = 152 \end{aligned}$$

The equivalent force F_{eq} acts at the centre of the wing half, i.e. at a distance (moment arm of the force) of 2.5 m from the bearing point in the fuselage.

So the bending moment acting on the bearing point is:

$$9.000 \text{ N} \cdot 2,5 \text{ m} = 22.500 \text{ Nm}$$

and the shear force at this point is:

$$F_q = 9.000 \text{ N}$$

3. c) Dimensioning the brace sections

A positive manoeuvring load generates tensile stresses in the bottom boom and compressive stresses in the top boom. These forces in turn generate a bending force that acts against the bending moment calculated above for the wing. With, say, a mean height of the brace:

$$h_m = 150 \text{ mm}$$

The forces acting on the brace are:

$$F_{\text{tens, comp.}} = \frac{\text{moment}}{\text{moment arm}} = \frac{22.500 \text{ Nm}}{0,15 \text{ m}} = 150.000 \text{ N}$$

A theoretical max. bending fracture stress $\sigma_{b,B}$ of 600 N/mm^2 requires the following brace section:

$$\text{Section} = \frac{\text{force}}{\text{tension}} = \frac{150.000 \text{ N}}{600 \text{ N/mm}^2} = 250 \text{ mm}^2 = 2,5 \text{ cm}^2$$

3. d) Determining the number of rovings in the braces

The brace must contain at least that number of carbon-fibre rovings that corresponds to a fibre volume content of 54%. The decisive factors here are not only the cross section, but also the number of correctly laid and correctly impregnated fibres.

Finding application are fibres with a density of **1610 tex, or 1610 g/km**. With a density ρ_{fibre} of **1.8 g/cm³**, the cross section of a single fibre is calculated as follows:

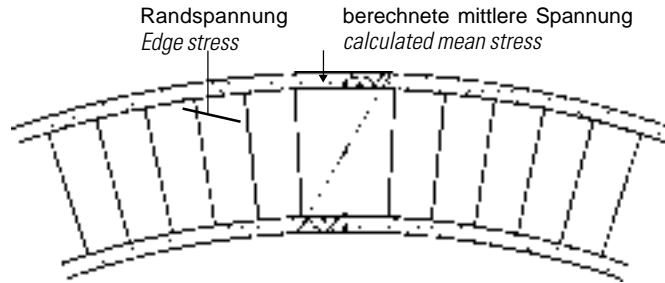
$$A_{\text{Fibre}} = \frac{1610 \text{ g} \cdot \text{cm}^3}{\text{km} \cdot 1,8 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{100.000 \text{ cm}} = 0,00894 \text{ cm}^2$$

The fibre volume fraction is 54% of the brace section, the rest is the resin fraction. Accordingly, every brace must contain the following number of the rovings described above:

$$\begin{aligned} \text{number of rovings} &= 0,54 \cdot \frac{\text{total cross section}}{\text{cross section of a single roving}} \\ &= \frac{2,5 \text{ cm}^2}{0,00894 \text{ cm}^2} \cdot 0,54 = 152 \end{aligned}$$

In den Holmgurten wurde die mittlere Biegespannung, d.h. die Spannung in der Mitte des Gurtes berechnet. Am äußeren Rand des Gurtes sind die Dehnungen und damit auch die Spannungen höher. Bei zumeist dünnen Holmgurten ist diese Vorgehensweise für eine überschlägige Berechnung aber in den meisten Fällen ausreichend.

The bending stress calculated earlier is the mean value acted along the centre of the spar boom. At the outer edge of the boom, the elongations, and therefore the stresses, are higher. The procedure adopted here is, however, in most cases adequate for the rough dimensioning of spar booms, which are usually thin.



3. e) Dimensionierung der Stegbeschichtung

Die beidseitige Beschichtung des Holmsteges nimmt die Querkraft im Tragflügel auf.

Die Schubspannungen in der Beschichtung sind:

$$\tau_B = \frac{\text{Querkraft}}{\text{Querschnittsfläche der Stegbeschichtung}}$$

Bei einer rechnerisch zulässigen Schubbruchspannung von $\tau_B = 114 \text{ N/mm}^2$ ist folgender Gesamtquerschnitt beider Stege zusammen erforderlich:

$$\begin{aligned} \text{Querschnittsfläche} &= \frac{\text{Querkraft}}{\text{Schubspannung}} \\ &= \frac{9.000 \text{ N}}{114 \text{ N/mm}^2} = 78,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Die Querschnittsfläche der Stegbeschichtungen ergibt sich aus der Höhe des Holmes und der Dicke der Beschichtung. Es ist also folgende Beschichtungsstärke mindestens erforderlich:

$$\begin{aligned} \text{Beschichtungsstärke} &= \frac{\text{Querschnittsfläche}}{2 \cdot \text{Holmhöhe}} \\ &= \frac{78,9 \text{ mm}^2}{2 \cdot 150 \text{ mm}} = 0,263 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. f) Ermittlung der erforderlichen Gewebestärke für die Gurtbeschichtung

Die Beschichtung soll mit einem Kohlefasergewebe mit einem Flächengewicht von 125 g/m^2 erfolgen.

Eine einzelne Lage eines solchen Gewebes ergibt bei 35 % Faservolumenanteil eine Laminatstärke von:

$$\begin{aligned} \text{Lagenstärke} &= \frac{\text{Flächengewicht}}{\text{Faservolumenanteil} \cdot \text{Faserdichte}} \\ &= \frac{125 \text{ g/m}^2}{0,35 \cdot 1,8 \text{ g/cm}^3} = \frac{125 \text{ g/m}^2}{10.000 \text{ cm}^2 \cdot 0,35 \cdot 1,8 \text{ g/cm}^3} \\ &= 0,02 \text{ cm} = 0,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Alle Angaben ohne Gewähr, da eine korrekte Umsetzung nicht überprüft werden kann.

1.78

3. e) Dimensioning the web coatings

The coating on both sides of the spar web absorbs the shear forces in the wing.

The shear stresses in the coating are calculated as follows:

$$\tau_B = \frac{\text{shear force}}{\text{sectional area of the web coating}}$$

A theoretical max shear fracture stress τ_B of 114 N/mm^2 requires the following total cross section for both webs:

$$\begin{aligned} \text{Sectional area} &= \frac{\text{shear force}}{\text{shear stress}} \\ &= \frac{9.000 \text{ N}}{114 \text{ N/mm}^2} = 78,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

The sectional area of the web coatings is a function of their thickness and the spar's height. So the following minimum thickness is needed for the coating:

$$\begin{aligned} \text{Coating thickness} &= \frac{\text{sectional area}}{2 \cdot \text{spar height}} \\ &= \frac{78,9 \text{ mm}^2}{2 \cdot 150 \text{ mm}} = 0,263 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. f) Determining the thickness of the fabric needed for the brace coating

The brace is to be coated with a carbon-fibre fabric of 125 g/m^2 .

With a fibre volume fraction of 35%, a single ply of this fabric yields a laminating thickness calculated as follows:

$$\begin{aligned} \text{Ply thickness} &= \frac{\text{weight per unit area}}{\text{fibre volume fraction} \cdot \text{fibre density}} \\ &= \frac{125 \text{ g/m}^2}{0,35 \cdot 1,8 \text{ g/cm}^3} = \frac{125 \text{ g/m}^2}{10.000 \text{ cm}^2 \cdot 0,35 \cdot 1,8 \text{ g/cm}^3} \\ &= 0,02 \text{ cm} = 0,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

In view of the difficulties associated with verifying correct applications, we cannot accept any liability for the data given herein.

Um die ermittelte Beschichtungsstärke von 0,263 mm zu erzielen, muß jede Seite des Holmes also mit 2 Lagen des 125 g/m² Kohlefasergewebes beschichtet werden. Entsprechend der Belastung (Schub) müssen die Fasern in einem Winkel unter 45° zur Holmachse verlaufen.

The calculated coating thickness of 0.263 mm is obtained when each side of the spar is coated with two plies of the 125 g/m² carbon-fibre fabric. To absorb the (shear) loads effectively, the fibres must run at an angle of 45° to the spar's axis.

4. Zusammenfassung

- Im vorliegenden Beispiel wurde der Holm eines Kleinflugzeuges am Rumpfübergang (der am höchsten belasteten Stelle) dimensioniert. Eine überschlägige Dimensionierung von Faserverbundstrukturen ist auch mit einfachen Mitteln und unter Zuhilfenahme einfacher Formeln möglich.
- Die in den Vorschriften genannten rechnerischen Grenzwerte gelten für bestimmte Faservolumenanteile und dürfen nicht überschritten werden.
- Maßgeblich für die Festigkeit eines Bauteiles in Faserverbundbauweise ist, daß genügend Fasern in Belastungsrichtung angeordnet sind.
- Bei veränderten Faservolumenanteilen muß eine entsprechende Umrechnung erfolgen.
- Bei der Herstellung von Faserverbundbauteilen muß neben einer ausreichenden Dimensionierung auf eine fasergerechte Bauteilgestaltung geachtet werden. Hier liefern die Bauvorschriften sowie Fachbücher und Anwendungsblätter der Werkstofflieferanten zahlreiche Hinweise.

4. Summary

- *The presented example calculated the dimensions for a spar at the transition to the fuselage (the site of maximum loading) of a light plane, demonstrating that also simple means and simple formula can be used to calculate roughly the dimensions of fibre composite structures.*
- *The theoretical limit values given in the regulations apply to certain fibre volume contents and must not be exceeded.*
- *The strength of a component manufactured from fibre composites depends decisively on the correct orientation of an adequate number of fibres in the direction of loading.*
- *After any changes to the fibre volume content, the values must be recalculated.*
- *The manufacture of fibre composite components not only depends on adequate dimensioning, but also on a component design that can utilise the advantages of fibre reinforcement. Numerous tips and other information can be found in the construction regulations, specialised reference works, and the application data sheets available from material suppliers.*



Holm und Flächenschale eines UL-Nurflüglers

Spar and skin of an ultralight flying wing



Aufbringen eines gefüllten Epoxydharzes zum Verkleben der Tragflächen-Halbschalen

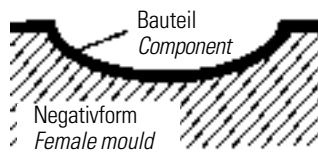
Filled epoxy resin being applied to glue wing shells

Zur Fertigung von Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen sind entsprechende Werkzeuge (z.B. Negativ-Formen) erforderlich. Diese werden in der Regel preisgünstig und schnell aus GFK gefertigt. Je nach Anforderung sind auch Formen aus Gips, Holz oder Metall sinnvoll.

The manufacture of components from fibre composites needs the appropriate tools (e.g. female moulds). In general, these tools can be manufactured quickly and at low cost from GRP. Depending on the respective requirements, other possible mould materials are plaster, wood, and metal.

Negativ-Formen

Stets dann, wenn die Fertigteile glatte Außenflächen aufweisen, wird eine **Negativ-Form** erstellt (Boote, Karosserieteile, Flugzeugrümpfe und -flächen, etc.). Es handelt sich praktisch um einen "Abdruck" des Originalteiles.

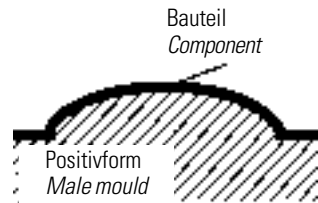


Female moulds

A **female mould** is always created whenever the finished parts have to exhibit smooth external surfaces (boats, body parts, fuselages and other aircraft surfaces, etc.). The mould is practically an "imprint" of the original part.

Positiv-Formen

Gegenstände mit glatten Innenflächen (Behälter, Springbrunnen, Schalen) benötigen eine **Positiv-Form** d.h. einen Formkern.



Male moulds

Objects with smooth internal surfaces (vessels, fountains, dishes) need a **male mould**, i.e. a mould core.

Geeignete Materialien

Gips

Ein Gipswerkzeug ist nur für wenige Abformungen geeignet. Die Oberflächen haben nicht die hohe Güte von GFK.

Holz

Eine Holzform ist ebenfalls nur für kleinere Serien geeignet. Um die üblichen Trennmittel verwenden zu können, sollte die Oberfläche lackiert werden. Kastenförmige Bauteile (z.B. Behälter) können in einer einfachen Form aus kunststoffbeschichteten Spanplatten hergestellt werden.

Hartschalengips

Für Serien eignet sich die R&G **Laminierkeramik** (ein synthetischer Gips), die in Verbindung mit einer harten Oberflächenschicht aus Epoxyd-Formenharz eingesetzt wird. Die Entformungsstückzahlen sind ähnlich hoch wie bei GFK-Formen. Hauptnachteil dieser Bauweise ist das relativ hohe Gewicht (ca. 20-30 kg/m²), Hauptvorteil die einfache Anwendung, die völlige Ungiftigkeit des Produktes und der vergleichsweise günstige Preis.

Suitable materials

Plaster

A plaster mould is suitable for a small number of demouldings only. The surfaces do not exhibit the high quality of GRP.

Wood

Likewise, a wooden mould is suitable only for smaller-scale series. Before the usual release agents can be applied, the surface must be varnished. Box-type components (e.g. tanks) can be manufactured in a simple mould of plastic-lined particle boards.

Hard shell plaster

A suitable material for series production is the R&G **laminating ceramic** (a synthetic plaster) that is used in conjunction with a hard surface layer of epoxy mould resin. The number of demouldings is about as high as for GRP moulds.

The main drawback of this manufacturing method is the relatively high weight (approx. 20 - 30 kg/m²), the main advantages are the ease of use, the complete absence of toxicity, and the comparably low price.



Zweiteilige Negativform mit Epoxyd-Deckschicht (Formenharz P) und einem tragenden Laminat aus Hartschalengips (R&G Laminierkeramik)

Two-part female mould with epoxy overlay (mould resin P) and a base laminate of hard shell plaster (R&G laminating ceramic)

Metall

Metallwerkzeuge sind am haltbarsten und werden vor allem für Großserien eingesetzt. Sie sind im Vergleich zu den gebräuchlichen GFK-Formen außerordentlich teuer.

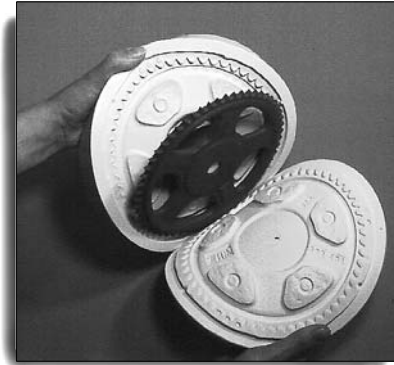
Metal

Metal moulds are the most durable and are used primarily for large batches. Compared with conventional GRP moulds, they are inordinately expensive.

1.80

Dauerelastische Formen

Für Formen mit starken Hinterschnidungen oder reliefartigen Oberflächen werden hochflexible Siliconkautschuk-Abformmassen verwendet. Die Dehnfähigkeit beträgt zwischen 350 und 500%. Siliconkautschuk ist selbst-trennend und für Entformungen mit Polyesterharz, Gips, Wachs etc. geeignet. Bei Verwendung von Epoxyd-Gieß/Laminierharzen sollte zuvor R&G Grundierwachs aufgetragen werden.



Dauerelastische Form aus Siliconkautschuk

Permanently elastic mould of silicone rubber

Permanently elastic moulds

Moulds with extreme undercuts or with surfaces bearing relief structures are made of highly flexible silicone rubber moulding compounds. The extensibility is between 350 and 500%. Silicone rubber is self-releasing and suitable for demouldings with polyester resin, plaster, wax, etc. When epoxy cast / laminating resin systems are used, R&G priming wax must first be applied to the mould.

GFK

Eine Form aus **Glasfaserkunststoff (GFK)** erlaubt die Herstellung von wenigstens einigen hundert Teilen in jeder Größe. Die Deckschicht bestimmt die Güte der Oberfläche.

Formenharz P ist hartelastisch, kantenfest und gut schleif- und polierbar. **Alu-Formenharz** ist für Temperformen geeignet und bietet eine schnelle Wärmeverteilung und hohe Kantenfestigkeit.

GRP

*A mould of **glass-fibre-reinforced plastic (GRP)** can be used to manufacture at least several hundred parts of any size. The overlay defines the quality of the surface.*

***Mould resin P** is hard-elastic, has a good edge strength, and can be ground and polished to a high degree.*

***Aluminium mould resin** is suitable for annealing moulds, and its properties include fast heat distribution and high edge strength.*

Glasfaser-Polyesterharz (GF-UP)

Preiswerte Formen werden aus GF-UP gefertigt (Deckschicht aus **UP-Vorgelat farblos**, schwarz eingefärbt und einem Glaslaminat mit **Polyester-Laminierharz U 569 TV-01V**).

Polyesterformen schwinden stärker als solche aus Epoxydharz. Sie sind daher vor allem für Formteile wie z.B. Behälter und Bootsschalen geeignet, bei denen nicht die höchste Maßhaltigkeit gefordert ist.

Glass-fibre-reinforced polyester resin (GF-UP)

*Low-cost moulds are made of GF-UP (overlay of **colourless UP pre-gel coloured black** and a glass laminate with **polyester laminating resin U 569 TV-01V**).*

Moulds of polyester undergo greater shrinkage than those of epoxy resin. For this reason, they are primarily suitable for mould parts such as vessels, boat hulls, etc., which do not require the highest dimensional stability.

Glasfaser-Epoxydharz (GF-EP)

Hochwertige, sehr maßhaltige Formen, z.B. für Flugzeug-, Modell- und Maschinenteile werden aus GF-EP angefertigt. Sie sind sehr genau und langlebig. Die Formoberflächen sind polierfähig und je nach verwendetem Formenharz unterschiedlich hart.

Bei der Härtung der EP-Harze tritt ein geringfügiger Volumenschwund auf. Dieser Schwund ist in den unverstärkten Harzschichten (Formenharz) am stärksten, im Glasgewebelaminat am geringsten. Soll ein Verzug sicher vermieden werden, muß das Laminat für die Form **symmetrisch** aufgebaut werden. Dieses Verfahren wird ab Seite 1.76 „Formenbau mit GFK“ ausführlich beschrieben.

Glass-fibre-reinforced polyester resin (GF-PU)

High-quality moulds of high dimensional stability, e.g. for aircraft, model, and machine parts, are manufactured from GF-EP. They are highly precise and have long service lives.

*The mould surfaces are polishable and exhibit various hardness values depending on the mould resin used. There is negligible dimensional shrinkage when these EP resins cure. This shrinkage is greatest in the unreinforced resin layers (mould resin), smallest in the glass fabric laminate. A reliable measure to prevent warpage is to lay up the laminate for the mould **symmetrically**. This method is described in detail on pages 1.76 ff "Mould construction with GRP".*



GFK-Form im Segelflugzeugbau

GRP mould in glider construction



Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Jordan



Universität-GH Paderborn

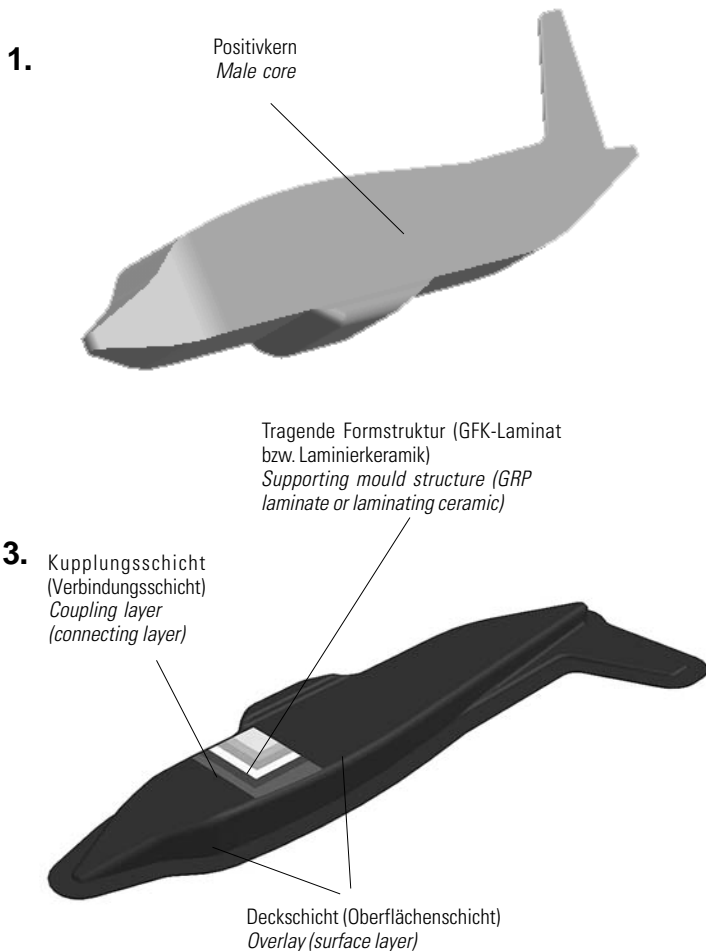
HERSTELLUNG EINER KUNSTSTOFF-FORM

Faserverbundbauteile werden in der Regel in Formen hergestellt, die selbst aus Faserverbundwerkstoffen aufgebaut sind. Die Herstellung einer Kunststoff-Form erfordert nur wenige Hilfsmittel und ist mit etwas Geschick einfach und rasch zu bewältigen. Es sind jedoch einige wichtige Punkte zu beachten, die im folgenden am Beispiel einer Form für einen Modellflugzeugrumpf dargestellt werden.

Der Herstellungsprozeß läßt sich prinzipiell in folgende Arbeitsschritte unterteilen

- 1.) Herstellung und Vorbereitung des Positivkernes
- 2.) Festlegung der Trennebenen und Erstellung des Trennbrettes
- 3.) Vorbereitungen zum Abformen
- 4.) Laminieren der Formteile
- 5.) Nachbehandlung der Form

Die einzelnen Arbeitsschritte beim Formenbau



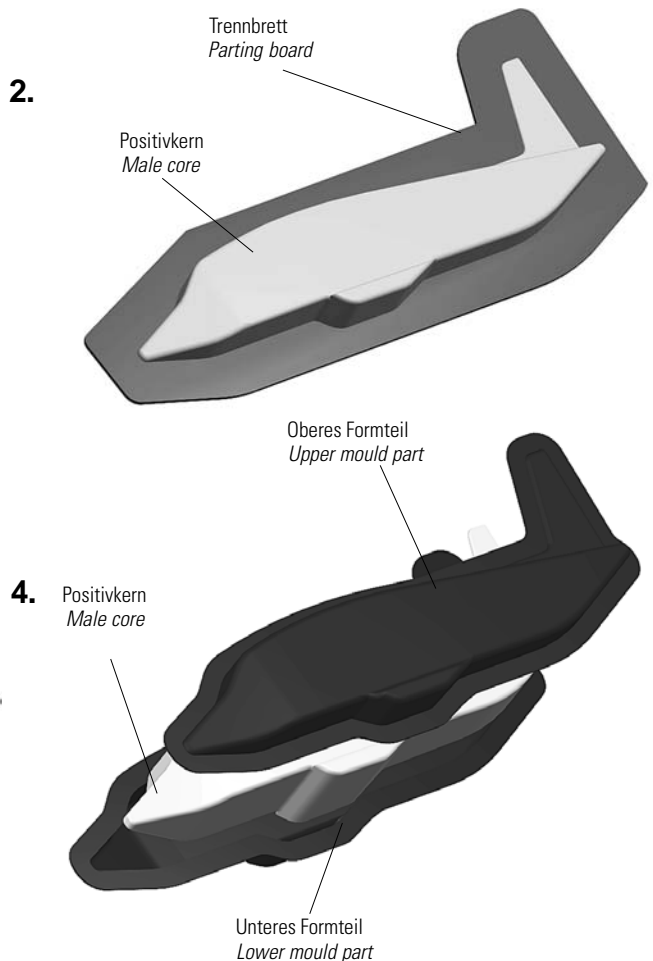
MANUFACTURE OF A PLASTIC MOULD

As a rule, fibre composite components are manufactured in moulds that are also made of fibre composites. The manufacture of a plastic mould needs only very few aids and is quick and simple with a little skill. However, there are a number of important points to be observed. These points are depicted in the following, which takes as its example a mould for a model fuselage.

In principle, the manufacturing process can be divided into the following steps

- 1.) Manufacturing and preparing the male core
- 2.) Determining the parting lines and creating the parting board
- 3.) Preparing the demoulding procedure
- 4.) Laminating the mould parts
- 5.) Post-treating the mould

The steps in mould construction



Werkstoffe

- Grundierwachs und Folientrennmittel PVA
- Formenharz (z.B. Typ P oder Alu)
- Epoxyd-Laminierharz (z.B. Typ L, L 20, LF)
- Glasgewebe 163 - 580 g/m²
- Glasfaserschnitzel 4,5 mm und Baumwollflocken
- Paßstifte oder Paßdübel
- Fix-a-Form Formverschraubungen
- Modelliermasse
- Sekundenkleber

Werkzeuge + Hilfsstoffe

- Glas- oder Aramidscheren
- Pinsel
- Schaumstoffwalzen (Mini-Laminiererset)
- Mischbecher und Rührstäbchen
- Digitalwaage
- Bohrmaschine, Stichsäge
- Beschichtete Spanplatten
- Gips
- Messer, Stechbeitel

1) Herstellung und Vorbereitung des Positivkernes

Der Positivkern, auch als Urmodell bezeichnet, ist die Kontur für die Bauteile, die später in der Form entstehen sollen. Vorhandene Bauteile, die z.B. in Styropor / Holzbauweise erstellt wurden, lassen sich häufig schon als Urmodell verwenden. Soll ein Positivkern neu angefertigt werden, kann dieser aus einem festen Schaumstoff wie z.B. Roofmate modelliert und mit mehreren Lagen GFK überzogen werden. Um eine glatte Oberfläche zu erreichen, wird der Positivkern nach anschließendem Spachteln mit einem Hochglanzlack lackiert (**Bild 1**).

Lackierte Positivkerne können vor dem Abformen poliert werden. Dabei ist jedoch unbedingt zu beachten, daß die verwendete Politur siliconfrei ist, da Siliconrückstände das Trennergebnis beeinträchtigen. Autopolituren enthalten häufig Siliconbestandteile und sind deshalb nicht empfehlenswert. R&G bietet Polituren an, die speziell auf den Kunststoffformenbau abgestimmt sind.

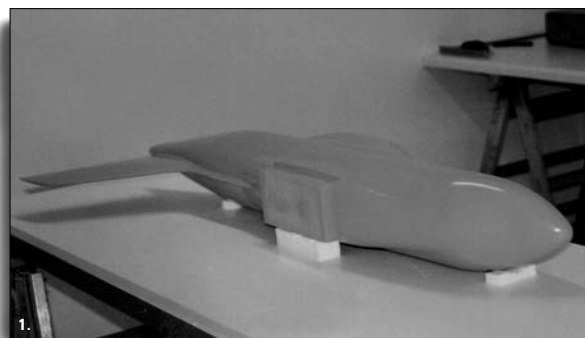


Bild 1

Fig. 1

Bevor der Positivkern das erste Mal mit Trennmittel behandelt wird, sollte er mit einem Reinigungsmittel, z.B. Waschbenzin, gereinigt werden. Dabei ist vorher die Verträglichkeit des Reinigungsmittels mit der Oberfläche zu testen. Das Reinigungsmittel muß vor dem ersten Wachsauftrag mehrere Stunden in einem warmen Raum vollständig ablüften. Auch wenn das Reinigungsmittel oberflächlich schon lange abgetrocknet ist, könnten ansonsten Rückstände des Lösungsmittels, die in tieferen Poren zurückbleiben, chemisch mit dem Trennmittel reagieren und das Trennergebnis beeinflussen.

Materials

- Priming wax and film release agent PVA
- Mould resin (e.g. type P or aluminium)
- Epoxy laminating resin (e.g. type L, L 20, LF)
- Glass fabric 163 - 580 g/m²
- Chopped glass fibre strands 4.5 mm and cotton flock
- Alignment pins or dowels
- Fix-A-Form mould screw unions
- Modelling compound
- Superglue

Tools + aids

- Glass or aramid shears
- Brushes
- Foam rollers (mini laminating set)
- Mixing cups and stirring rods
- Digital scales
- Drilling machine, compass saw
- Coated particle boards
- Plaster
- Knife, chisel

1) Manufacturing and preparing the male core

Also called the master pattern, the male core bears the contours of the components that are to be generated later in the mould. Also components that have been created beforehand as structures of e.g. foamed polystyrene and wood can often be used as master patterns. If a new male core has to be created, this can be modelled from a rigid foam, e.g. Roofmate, and coated with several layers of GRP. A smooth surface can be obtained when the male core is coated with a high-gloss varnish after some filling work (**Fig. 1**).

Varnished male cores can be polished before they are placed in a mould. However, it is imperative that the polish is free of silicone, any residue of which will impair the releasing process. Finish restorers for automobiles often contain silicone constituents, and their use is therefore inadvisable. R&G offers polishes whose formulae are specifically compatible with the manufacture of plastic moulds.

Before it is treated for the first time with a release agent, the male core should be cleaned with a cleaning agent, e.g. benzene. Beforehand, however, the compatibility between the cleaning agent and the surface must be tested. Before the first application of wax, the cleaning agent must be left for several hours in a warm room until it no longer contains any trapped air. Even when the cleaning agent seems to have long dried, there can still be solvent residue in deeper pores which react chemically with the release agent and so influence the releasing process.

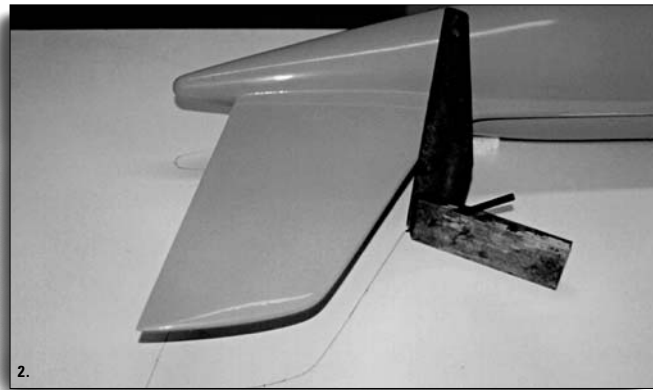
2) Festlegung der Trennebenen und Erstellung des Trennbrettes

Je nach Geometrie können Formen aus mehreren Teilen bestehen. Die Trennebenen sind so zu wählen, daß Hinterschnitte vermieden werden und eine eindeutige Entformungsrichtung mit genügend Formschräge für jedes Formsegment möglich ist. Symmetrische Formen können zumeist zweiteilig erstellt werden. Im Beispiel wird die Rumpfform des Modellflugzeuges in der Symmetrieebene geteilt. Dazu muß die Seitenkontur des Rumpfes auf das Trennbrett übertragen werden.

2) Determining the parting lines and creating the parting board

Depending on their geometry, moulds can consist of several parts. The parting lines must be chosen so that there are no undercuts, and every mould segment has a clear demoulding direction with an adequate draft. In most cases, symmetrical moulds can be made as two parts. In the example, the fuselage of a model aircraft is divided along its plane of symmetry. Afterwards, the fuselage's side contour must be transferred to the parting board.

Das Urmodell wird parallel zum Trennbrett ausgerichtet. Das Trennbrett besteht aus einer kunststoffbeschichteten Spanplatte. Die Projektion der Rumpffseitenfläche wird auf das Trennbrett übertragen. Ein Winkel, der diagonal durchbohrt wurde, führt den Stift (Bild 2).



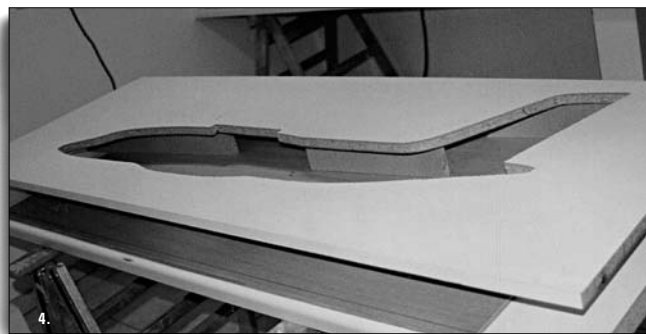
The master pattern is aligned parallel to the parting board, here a particle board lined with plastic. The fuselage's side is projected on to the parting board. In this case, this projection is drawn with a pen inserted through a diagonal hole (Fig. 2).



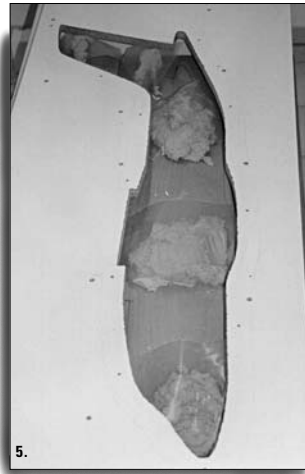
Die Rumpfkontur wird aus dem Trennbrett ausgesägt (Bild 3).

The fuselage's contour is sawn out of the parting board (Fig. 3).

Eine zweite Platte wird über eine Abstandsleiste mit dem Trennbrett verschraubt. So ergibt sich eine verwindungssteife Einheit und es wird vermieden, daß sich beim späteren Hantieren die Trennfugen verschieben (Bild 4).

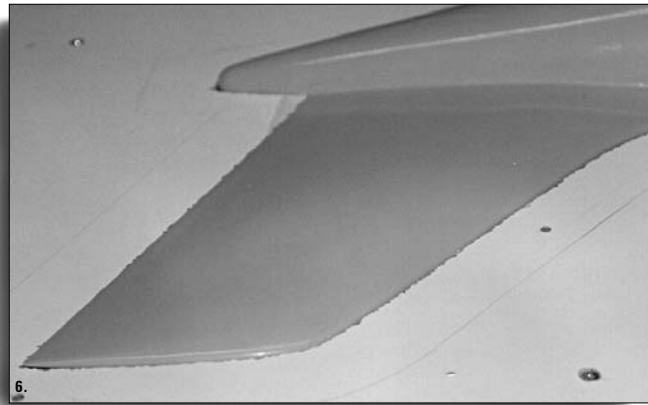


A spacer bar is used to connect a second panel to the parting board. This gives rise to a torsion-resistant unit and prevents the parting lines from displacing during later operations (Fig. 4).



Gipsmörtelkleckse, in die der Positivkern unter Zwischenlage einer Folie hinein gedrückt wird, bilden eine definierte Auflage für den Positivkern **(Bild 5)**.

*Pressing the male core on an intermediate film into lumps of plaster causes them to adopt the exact shape of the male core and so present a predefined base **(Fig. 5)**.*



Der Positivkern wird genau bis zur Trennebene im Trennbrett eingelassen. Die Fugen zwischen Positivkern und Trennbrett werden mit Modelliermasse geschlossen **(Bild 6)**.

*The male core is inserted precisely to the parting line in the parting board. The gaps between the male core and the parting board are sealed with a modelling compound **(Fig. 6)**.*



Dazu wird die Modelliermasse in der Mikrowelle erwärmt und dann mit einem Finger in die Fuge gestrichen **(Bild 7)**.

*The modelling compound is first heated in a microwave oven before it is spread in the gap with a finger **(Fig. 7)**.*

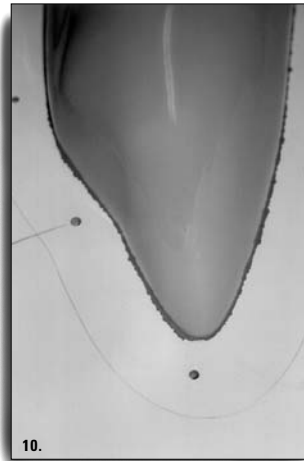


Die überstehende Masse kann anschließend mit einem scharfen Werkzeug abgezogen werden **(Bild 8)**.

*The excess compound can then be removed with a sharp tool **(Fig. 8)**.*

Reste werden mit einem weichen Baumwolltuch wegpoliert (Bild 9).

Any residue is polished off with a soft cotton cloth (Fig. 9).



Auf diese Weise entsteht eine scharfe Kante zwischen Urmodell und Trennbrett, die Voraussetzung für präzise Kanten der Negativform und saubere Nähte späterer Bauteile ist (Bild 10).

In this manner, a sharp edge is created between the master pattern and the parting board. This sharp edge is indispensable if the female mould is to exhibit precise edges, and all subsequent components clean seams (Fig. 10).

3) Vorbereitungen zum Abformen

Damit die Formhälften zueinander zentriert werden können, werden im Formenrand Paßdübel eingelassen.

3) Preparing the demoulding procedure

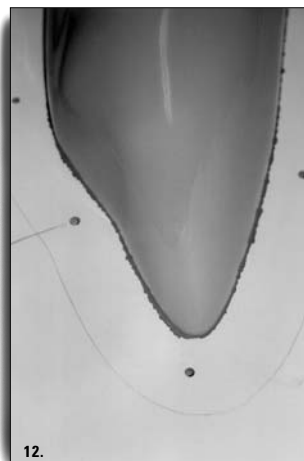
So that the mould halves can be centred to one another, dowels are inserted into their edges.

Der Formenrand wird durch Leisten, die mit Sekundenkleber auf das Trennbrett geklebt werden, abgegrenzt. Dadurch wird das spätere Besäumen des Formenrandes vereinfacht (Bild 11).



The edge of the mould is contained by strips superglued to the parting board. This simplifies subsequent trimming work on the edge of the mould (Fig. 11).

Die dreiteiligen Paßdübel von R&G mit ihren herausnehmbaren Paßstiften vereinfachen es später, den Formenrand sauber zu halten. Zudem stören bei diesem System keine spitzen Dübel, wenn eine Form z.B. für die Herstellung von Wabensandwichbauteilen Vakuum gezogen werden soll. Über Formverschraubungen können Formteile verbunden werden. Damit sich Paßdübel und Formverschraubungen beim Laminieren der Formhälften nicht verschieben, wird das Trennbrett an entsprechenden Stellen angebohrt (Bild 12).



The three-part dowels from R&G with their removable alignment pins simplify the work at a later point of keeping the edge of the mould clean. In addition, this system does not present any sharp points that could disrupt the process when, say, a mould has to be created in a vacuum for manufacturing honeycomb sandwich components. Mould screw unions can be used to join mould parts. To prevent the dowels and mould screw unions from displacing when the mould halves are being laminated, blind holes are drilled in the parting board at appropriate sites (Fig. 12).

Über Stifte bzw. Schrauben werden die Paßdübel und die Formverschraubungen auf dem Trennbrett befestigt. Vor dem Auftrag des Trennmittels werden Positivkern und Trennbrett gründlich gereinigt. Wenn dabei ein Lösungsmittel verwendet wird, muß auch hier wiederum darauf geachtet werden, daß das Lösungsmittel vollständig ablüften kann. Für eine hohe Oberflächenqualität der Form sollten die folgenden Arbeitsschritte in möglichst sauberer Umgebung erfolgen. Grundierwachs wird mit einem weichen Baumwollappen oder Pinsel aufgetragen (**Bild 13**).



*Pins or screws are then used to secure the dowels and the mould screw unions in place on the parting board. Before the release agent is applied, the male core and the parting board must be cleaned thoroughly. When a solvent is used, it must be ensured in this case, too, that the solvent does not contain any trapped air. The mould can exhibit a high surface quality only when the following steps are performed in as clean an environment as possible. Priming wax is applied with a soft cotton cloth or brush (**Fig. 13**).*

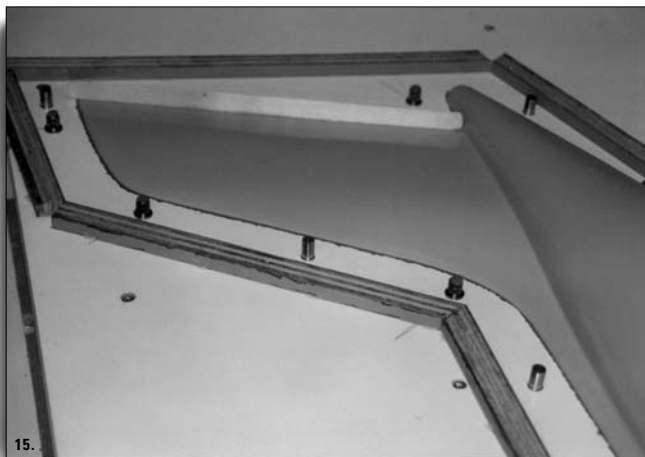
Durch die Vorbehandlung mit Grundierwachs verläuft das Folientrennmittel sehr gleichmäßig. Für große Flächen gibt es auch ein spritzfähig eingestelltes Folientrennmittel.

The pretreatment with priming wax enhances the uniformity of the film release agent's flow properties. In the case of large surfaces, a film release agent is available that can be applied as a spray.



Das Folientrennmittel kann mit einem Schwämmchen oder einem Pinsel aufgetragen werden (**Bild 14**).

*The film release agent can be applied with a sponge or a brush (**Fig. 14**).*



Erst nach dem Auftragen der Trennmittel werden die Paßdübel und die Formverschraubungen auf den Formenrand gesetzt. Damit die Formverschraubungen nicht mit Harz volllaufen, werden Sie mit Modelliermasse gefüllt. Sie sind über Stifte auf dem Trennbrett fixiert, damit sie beim Laminieren nicht verrutschen (**Bild 15**).

*Not until after the release agent has been applied are the dowels and the mould screw unions inserted into the edge of the mould. So that they cannot fill up with resin, the mould screw unions are sealed with modelling compound. Pins secure them in place on the parting board so that they cannot slip during laminating work (**Fig. 15**).*

4) Laminieren der Formteile

Nach den Vorbereitungen können die Formhälften laminiert werden. Der Laminataufbau einer Form kann auf unterschiedliche Weise und mit unterschiedlichen Materialien erfolgen. Im Folgenden wird der klassische Laminataufbau einer GFK-Form mit symmetrischem Laminataufbau dargestellt:

Als Deckschicht für die Form wurde hier das Formenharz P verwendet. Diese Formenharz zeichnet sich durch eine gute Verarbeitbarkeit, hohe Kantenfestigkeit und thixotropes Verhalten an steilen Flächen aus. Es läßt sich mit einem Pinsel blasenfrei auftragen, so daß sich die porenfreien Oberflächen der Negativform hochglänzend aufpolieren lassen. Der Hinterbau der Form erfolgt mit einem dünnflüssigen Epoxyd (z.B. Epoxydharz L, L 20 oder LF) und mehreren Lagen Glasgewebe.



Um eine gute Verbindung zwischen der Deckschicht und dem tragenden Hinterbau zu schaffen, werden in das Formenharz Glasfaserschnitzel eingestreut, die eine mechanische Verankerung zwischen Deckschicht und Laminat gewährleisten (**Bild 17**).

Um einen Verzug der Form zu verhindern, erfolgt der Lagenaufbau symmetrisch. Zunächst wird das Formenharz aufgetragen und mit dem Pinsel gleichmäßig verstrichen. Damit in den Kanten keine Luft einschließt, muß das Formenharz entlang der Kanten mit einem weichen Pinsel gründlich verstrichen werden (**Bild 16**).

In das frisch eingestrichene Formenharz werden Kurzglasfaserschnitzel eingestreut, überschüssige Glasfaserschnitzel werden, nachdem die Deckschicht ca. 2 Stunden angehärtet ist, vorsichtig wieder abgesaugt (**Bild 17 + 18**).

4) Laminating the mould parts

After these preparations, the mould halves can now be laminated. The laminates for a mould can be laid up in a variety of ways. The following presents the classical lay-up method for a GRP mould with a symmetrical laminate structure:

Used for the mould's overlay here is the mould resin P. This mould resin is characterised by good processability, high edge strength, and thixotropic behaviour on steeply inclined surfaces. It can be applied free of bubbles with a brush so that the non-porous surfaces of the female mould can be polished to a high gloss.

The mould's base structure is made up of a low-viscosity epoxy resin system (e.g. epoxy resin L, L 20, or LF) and several layers of glass fabric.

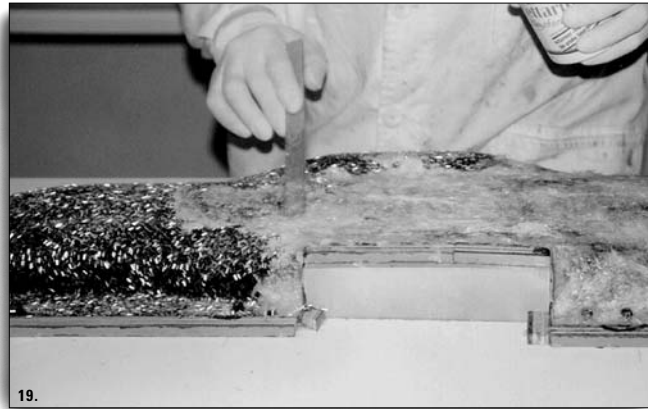
To ensure a good connection between the overlay and the supporting base structure, chopped glass fibre strands that promote mechanical anchorage between the overlay and laminate are strewn in the mould resin (**Fig. 17**).

A symmetrical structure of layers prevents the mould from warping. First of all, the mould resin is applied and spread uniformly with a brush. So that the edges are free of air inclusions, a soft brush must be applied thoroughly over the edges of the mould resin (**Fig. 16**).

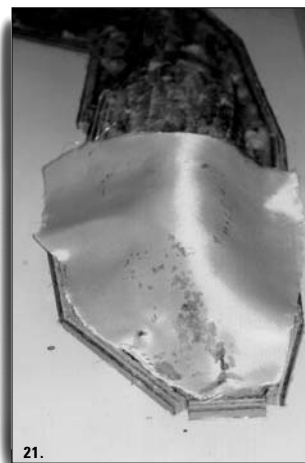
Chopped glass fibre is strewn in the freshly spread mould resin, and after the overlay has had about two hours to gel, excess chopped glass fibre is carefully removed by suction (**Figs. 17 + 18**).

Für die Kupplungsschicht werden Kurzglasfasern und Baumwollflocken zu gleichen Teilen in das Harz gemischt.

Die Kupplungsschicht (**Bild 19**) vermeidet Lufteinschlüsse zwischen Deckschicht und Laminat und wird insbesondere in Ecken und Kanten sowie im Bereich der Paßdübel etwas dicker aufgetragen (**Bild 20**), damit die erste Gewebelage faltenfrei laminiert werden kann (**Bild 21**). Zunächst wird eine Lage 163 g/m² Glasgewebe laminiert.



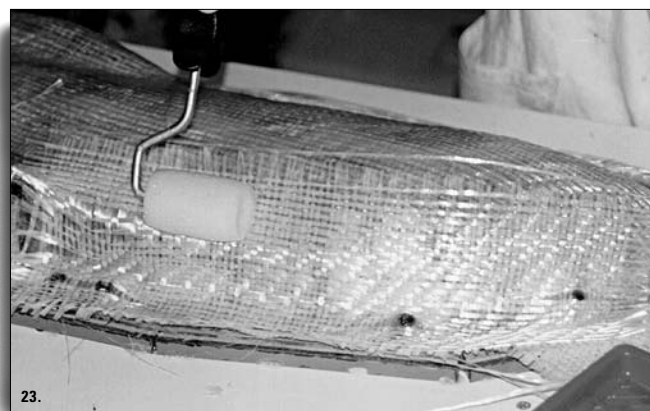
*For the coupling layer, equal quantities of chopped glass fibre and cotton flock are mixed into the resin. The coupling layer (**Fig. 19**) prevents air inclusions from forming between the overlay and the laminate, and a thicker coat must be applied in particular to corners and edges as well as near dowels (**Fig. 20**) so that the first fabric layer can be laminated free of creases (**Fig. 21**). First of all, a layer of 163 g/m² glass fabric is laminated.*



Die erste Gewebelage wird harzreich laminiert, damit oberflächennahe Lufteinschlüsse vermieden werden (**Bild 22**), überschüssiges Harz aus den ersten Gewebelagen wird ohnehin von den nächsten Gewebelagen aufgesaugt.

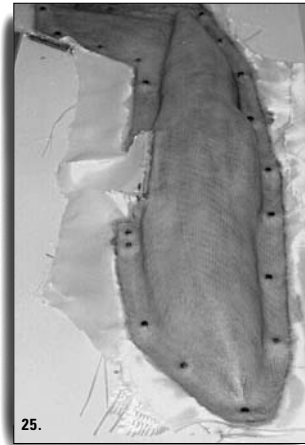
*The first fabric layer is laminated with a high resin content so that no air inclusions can form near the surface (**Fig. 22**). Excess from this high resin content can then be absorbed by the following fabric layers.*

Um genügend Wandstärke aufzubauen, folgen zwei Lagen Glasrovinggewebe 580 g/m² (**Bild 23**). Sehr gut eignet sich auch das besonders drapierfähige Multiaxial-Glasgelege 408 g/m².



*An adequate wall thickness is obtained when two layers of 580 g/m² glass roving fabric follow (**Fig. 23**). A further ideal material is the particularly drapable 408 g/m² multi-axial glass inlay.*

Um mit einem symmetrischen Lagenaufbau den Verzug der Form zu vermeiden, wird danach wieder ein 163 g/m² Glasgewebe auflaminiert (**Bild 24**). Bei dem symmetrischen Aufbau der Form ist auch die gleichmäßige Orientierung der Faserrichtungen zu berücksichtigen. Die letzte Gewebelage wird dabei immer relativ harzarm laminiert, da genügend Harz aus den unteren Gewebelagen zur Verfügung steht (**Bild 25**).



A symmetrical structure of layers as a preventive measure against mould warpage is now obtained when a 163 g/m² glass fabric is laminated on top (Fig. 24). The symmetrical layout of the mould must also consider the uniform orientation of the fibres.

The last fabric layer is always applied with a relatively low resin content because sufficient resin is available from the layers beneath (Fig. 25).

Zum Schluß wird das Laminat noch einmal mit Formenharz eingestrichen (**Bild 26**). Die erste Formenhälfte sollte anschließend mindestens 24 Stunden bei Raumtemperatur aushärten, bevor das überstehende Gewebe am Formenrand abgeschnitten (**Bild 27**) und das Trennbrett entfernt wird.



Finally, mould resin is once more spread on the laminate (Fig. 26). The first mould half should now cure for at least twenty-four hours at room temperature before the fabric projecting from the edge of the mould is cut off (Fig. 27) and the parting board removed.

Anschließend werden Vorbereitungen getroffen, um die zweite Formenhälfte laminieren zu können. Der Positivkern sollte dabei möglichst in der Form bleiben. Der Formenrand der ersten Formenhälfte dient nun als Trennbrett für die zweite Hälfte. Dazu wird der Rand neu abgetrennt (**Bild 28**) und, nachdem Kern und Formenrand mit Trennmittel eingestrichen wurden, die Paßdübel und die Formenverschraubungen aufgesetzt (**Bild 29**). Auf gleiche Weise, wie schon zuvor beschrieben, wird die zweite Formenhälfte laminiert.

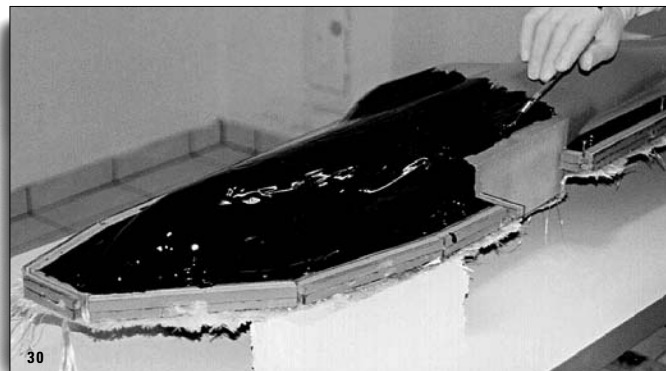


The next step involves preparations for laminating the second mould half. During these preparations, the male core should remain in the mould whenever possible. The edge of the first mould half now serves as the parting board for the second half.

Here the edge is again removed (Fig. 28) and, once a release agent has been applied to the core and mould's edge, the dowels and the mould screw unions are attached (Fig. 29).

The second mould half is laminated in the same manner as described above

(**Bild 30**) Nach dem Aufbringen der Trennmittel erfolgt der Aufbau der zweiten Formhälfte, beginnend mit einer Schicht Formenharz.



(Fig. 30) Once the release agent has been applied, the second mould half is now laid up, the first layer being of mould resin.

1.90

Einstreuen von Kurzglasfasern in die "nasse" Deckschicht (**Bild 31**).



*Chopped glass fibre being strewn in the "wet" overlay (**Fig. 31**).*

Auflaminieren der ersten Glasgewebelage 163 g/m² (**Bild 32**).



*The first glass fabric layer 163 g/m² being laminated on top (**Fig. 32**).*

Überschüssiges Harz der ersten Gewebelagen wird von den weiteren Gewebelagen aufgesaugt (**Bild 33**).



*Excess resin from the first fabric layers is absorbed into the following fabric layers (**Fig. 33**).*

Zum Schluß wird wiederum ein 163 g/m² Glasgewebe laminiert, auf das die abschließende Lage Formenharz aufgetragen wird (**Bild 34**).



*Finally, a 163 g/m² glass fabric is again laminated, to which the last layer of mould resin is applied (**Fig. 34**).*

5) Nachbehandlung der Form

Um einen Verzug zu vermeiden, muß die Form mindestens 24 Stunden bei einer Temperatur von 25 °C aushärten. Es wird empfohlen, die Form vor dem Öffnen zu tempern oder zumindest einige Tage möglichst warm zu lagern. Beim Tempern darf die Temperatur nur langsam erhöht werden.

Nach dem Aushärten und Tempern wird das überstehende Gewebe abgeschnitten und die Form geöffnet.

Die Leistenabschnitte am Formenrand werden entfernt (**Bild 35**). Nach außen überstehendes Laminat wird am einfachsten mit einem Metallsägeblatt abgetrennt.



5) Post-treating the mould

So that no warpage can occur, the mould must cure at a temperature of 25 °C for at least twenty-four hours. It is recommended to anneal the mould before opening or at least to store it in as hot an environment as possible for a few days. In the case of annealing, the temperature must be increased only gradually. After curing and annealing, the projecting fabric is cut off and the mould opened.

*The strip sections at the edge of the mould are removed (**Fig. 35**). The simplest method for removing projecting laminate is to use a hacksaw blade.*



Das Folientrennmittel verbleibt in den Negativformen und kann mit Wasser ausgewaschen werden. Bei sorgfältiger Arbeitsweise präsentieren sich die beiden Formenhälften hochglänzend. Fehlstellen können bei Bedarf ausgeschliffen und aufpoliert werden. Bevor die ersten Bauteile hergestellt werden, müssen neue Formen mehrmals gründlich gewachst werden.

Der Positivkern ließ sich ohne Beschädigungen entformen. Das ist allerdings nur möglich, wenn die Form keine Hinterschneidungen aufweist und bei den Vorbereitungen, insbesondere dem Trennmittelauftrag, auf Sauberkeit geachtet und sorgfältig gearbeitet wurde. Eine auf diese Weise hergestellte GFK-Form übersteht bei sachgerechter Vorgehensweise mehrere hundert Entformungen.

The film release agent remains in the female mould and can be rinsed out with water. If the work has been performed carefully, the two mould halves should present high-gloss surfaces. Any voids can be removed by grinding, and the affected sites polished. Before the first components are manufactured, new moulds must be thoroughly waxed several times.

The male core can be demoulded without incurring damage. However, this is possible only when the mould does not exhibit any undercuts, cleanliness was observed during the preparations, and the work was conducted carefully. A GRP mould manufactured in this manner can survive several hundred demouldings when used properly.

Weitere Hinweise

Wenn noch Fehler in der Form festgestellt werden, können diese mit Softflex-Schleifpapier Korn 500 - 1200 im Naßschliff beseitigt werden.

Matte Stellen lassen sich durch Schwabbeln mit geeigneten, silikonfreien Poliermitteln beseitigen (z.B. R&G Glanzwachs Bestell-Nr. 315 100-1).

Kleine Löcher an der Oberfläche werden mit einem "Klecks" Formenharz versehen und durch einen aufgeklebten Tesafilm geglättet.

Automatisches Trennen

Beim Trennen der Formenhälften (Entfernen des Urmodells als auch von Positiv-Bauteilen) gibt es gelegentlich Schwierigkeiten; üblicherweise wird dann mit Schraubendrehern, Holzkeilen etc. nachgeholfen, wodurch die Form, zumindest auf Dauer, beschädigt wird.

Further information

If the mould is still found to have flaws, these can be remedied with Softflex abrasive paper applied in a wet grinding process.

Matt places can be treated with a polishing wheel and a suitable polishing agent free of silicone (e.g. R&G priming wax, order no. 315 100-1).

Small holes in the surface are filled with a dab of mould resin and smoothed over with a strip of adhesive tape.

Automatic parting of the mould halves

There are occasionally difficulties when the mould halves part (when the master pattern or the male-moulded components are removed); the subsequent procedure usually avails itself of a screwdriver, wooden wedges, etc., whereby the mould, at least when repeatedly subjected to this procedure, suffers damage.

Einfacher ist es, beim Bau gleich mehrere Fix-A-Form Gewindestücke einzulaminieren, die auf der Gegenseite, also der anderen Formhälfte, ein Metallteil als Gegenstück erhalten (kleines Stück Flacheisen o.ä.). Zum Entformen werden dann Innuschrauben eingedreht, die gegen das Metallstück der zweiten Formhälfte drücken. Dadurch kann die Form leicht, gleichmäßig und ohne Beschädigung geöffnet werden.

Druckluft / Wasserkraft

Eine komfortable Methode ist das Öffnen der Form mit Druckluft, die mittels Kompressor eingeleitet wird. Dazu wird an einer tiefen Stelle der Form ein Loch mit etwa 2 - 3 mm Durchmesser gebohrt und auf der Rückseite ein Druckluftanschluß aufgeklebt. Verwenden Sie zum Fixieren 5-Min.-Epoxy und zum Einbetten eingedicktes Epoxydharz (Rezeptur wie Kupplungsschicht). Ähnlich funktioniert das Trennen durch Einpressen von Wasser. Besonders bei sehr großen Bauteilen (Bootsbau) wird diese Methode angewandt.

HERSTELLUNG VON FVW-TEILEN IN FORMEN

Handlaminieren

Für die Herstellung kleinerer Serien sowie komplizierter Teile eignen sich am besten handwerkliche Verfahren wie das Handlaminieren (Handauflegeverfahren), da nur ein geringer technischer Aufwand erforderlich ist.

Vorbereitung

Eine neue Form muß zunächst gereinigt und poliert und anschließend z.B. mit Grundierwachs und Folientrennmittel behandelt werden. Bitte beachten Sie die Hinweise zur Verarbeitung der Trennmittel.

Deckschicht

Zuerst wird ein Gelcoat (Deckschichtharz) in die Form gestrichen, gespritzt oder gerollt.

Es eignen sich die **Epoxyd-Gelcoats farblos** und **weiß**, die mit Epoxydfarbpasten eingefärbt werden können.

Ebenfalls sehr gut geeignet sind **Polyester-Vorgelate**, die wegen ihrer guten Polierbarkeit auch **Schwabbellack** genannt werden.

Die Deckschicht ist sozusagen das Kleid des Kunststoffbauteils. Sie schützt das Laminat vor Umwelteinflüssen (z.B. Feuchtigkeit) und gibt dem Bauteil das ansprechende Äußere.

Wird ohne Deckschicht laminiert, weist die GFK-Oberfläche unzählige Pinholes (kleine Löcher) auf, die vor dem Lackieren mit Spachtel gefüllt werden müssen.

Lacke

Im Prinzip kann man Bauteile auch schon **in der Form** mehrfarbig lackieren. Soll der Lack anstelle einer Deckschicht aufgebracht werden, sind unbedingt Vorversuche erforderlich, um die Wirksamkeit der Trennmittel zu prüfen. Lacke enthalten oft einen **"Lösemittelcocktail"**, der Trennmittel angreift.

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, zunächst eine Schicht Vorgelat farblos aufzutreiben und auszuhärten. Auf dieser Oberfläche kann mit schwachhaftenden Folien (Maskierfilm aus dem Grafikerbedarf) abgeklebt und lackiert werden.

Es eignen sich praktisch alle Acryl- und Kunstharzlacke, 2-Komponenten-Lacke und natürlich auch eingefärbte Epoxydharze und UP-Vorgelat. Schriftzüge aus Folie können ebenfalls eingelegt werden.

Sind diese Arbeiten beendet, wird mit Epoxydharz laminiert. Bei Verwendung von Polyester-Laminierharz muß zuvor die Styrolverträglichkeit der Lacke getestet werden. Nach dem Entformen zeigt sich ein Hinterglasmalerei-Effekt, der sehr schön wirken kann.

A simpler alternative involves laminating several Fix-A-Form screws in the structure of the mould and providing them on the opposite side, i.e.: The other mould half, with a metal counterpiece (small piece of flat steel or similar). Allen screws are then turned to press against the metal counterpiece of the second mould half and so push apart the two mould halves. The mould can then be opened easily, uniformly, and without incurring damage.

Compressed air / hydraulic power

One comfortable method involves opening the mould with compressed air supplied by a compressor. Here, a hole of about 2 - 3 mm diameter is drilled at a deep point on the mould, and a compressed air supply glued to the rear. Use five-minute epoxy for securing, and inspissated epoxy resin for embedding (recipe as coupling layer). Parting the mould under the application of pressurised water works similarly. This method is used in particular on very large components (boat building).

MANUFACTURING FC PARTS IN MOULDS

Hand lay-up operations

Because they do not need any special technical requirements, hand lay-up operations prove to be the best method a skilled worker can use for manufacturing both smaller-scale series and complicated parts.

Preparatory work

A new mould must first be cleaned, polished, and then treated e.g. with priming wax and film release agent. Please observe the information on how release agents are processed.

Overlay

First of all, a gel coat is applied with a brush, sprayer, or roller in the mould.

Suitable epoxy gel coats are colourless or white because they can be mixed with epoxy colour pastes.

Also highly suitable are polyester pre-gels, which exhibit good polishing properties.

The overlay is so to speak the dress of the plastic component. It protects the laminate against environmental influences (e.g. humidity) and gives the component its aesthetic exterior.

If laminating does not include an overlay, then the GRP surface exhibits countless pinholes that have to be filled before the surface is varnished.

Varnishes

In principle, varnishes of various colours can be applied to components when they are still in the mould.

If a varnish is to be applied instead of an overlay, then it is absolutely important beforehand to conduct preliminary tests on the efficacy of the release agents. Varnishes often contain a cocktail of solvents that attack release agents.

A second possibility involves first applying with a brush a layer of pre-gel colourless and letting it cure. Weakly adhesive films (graphic designers' masking film) can then be stuck over this surface and varnished.

Practically all acrylic and synthetic resin varnishes, two-component varnishes, and, of course, coloured epoxy resins and UP pre-gels as well are suitable. Lettering on film can also be embedded.

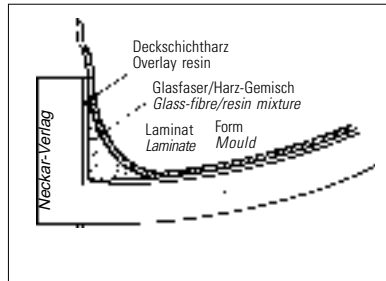
Once this work has been concluded, the next laminate is of epoxy resin. If polyester laminating resin is used, the varnishes' compatibility with styrene must first be tested. After demoulding, effects similar to verre églomisé are presented that many find pleasing to the eye.

Ecken abrunden und verstärken

Das Verstärkungsgewebe, meist aus Glas, hat eine gewisse Rückstellkraft und läßt sich daher nicht in scharfe Ecken legen. Es hat die Tendenz, sich immer wieder abzulösen, was zu einer Blasenbildung führt. Es ist also notwendig, scharfe Innenkanten vor dem Laminieren auszurunden.

Für die Herstellung einer Hohlkehle eignet sich ein dicker Brei aus Epoxidharz und Glasfaserschnitzel + Baumwollflocken. Wenn gleichzeitig eine höhere Belastbarkeit erwünscht ist, können auch Glas-, Aramid- oder Kohlerovings eingelegt werden.

Sehr leichte Füllmassen (Dichte um 0,5 g/cm³) erhält man bei Verwendung von Glass-Bubbles (Micro-glashohlkugeln). Durch zusätzliches Eindicken mit Baumwollflocken oder Thixotropiermittel kann der Kugellagereffekt und damit das Abfließen der Mischung vermieden werden.



1) schematische Darstellung der Kantenbehandlung
1) schematic diagram of edge treatment

Radiusing and reinforcing corners

In most cases made of glass, the reinforcing fabric exhibits a certain restoring force that makes it virtually impossible to place correctly in sharp corners. Its tendency to detach each time leads to the formation of bubbles. It therefore becomes necessary to radius sharp inner edges before laminating.

A suitable compound for manufacturing a fillet is a thick paste of epoxy resin, chopped glass-fibre strands, and cotton flock. And if a greater load capacity is required, glass, aramid, or carbon rovings can also be laid.

Very light filling compounds (density about 0.5 g/cm³) are obtained with glass bubbles. Additional inspissation with cotton flock or a thixotropy-enhancing agent helps to minimise the ball-bearing effect and so the mixture's tendency to sag.

Laminataufbau

Nachdem die Vorarbeiten abgeschlossen sind, kann mit dem eigentlichen Laminieren begonnen werden.

Vorher noch einige Bemerkungen zum Material:

Neben der Anzahl der verschiedenen Gewebelagen sollte auch die Faserrichtung den auftretenden Belastungen angepaßt sein. Der Vorteil von faserverstärkten Kunststoffen liegt ja gerade darin, daß die größte Festigkeit immer in Richtung der Faser erzielt wird. Der Konstrukteur ist damit in der Lage, die Festigkeit eines Bauteils durch entsprechende Faserorientierung zu gestalten.

Ein "normales" Verstärkungsgewebe hat zwei Faserrichtungen, die Kette (Längsrichtung) und den Schuß (Querrichtung). Die Filamente kreuzen sich im rechten Winkel, liegen also senkrecht und waagrecht. In diesen beiden Richtungen ist die Festigkeit des Gewebes hoch. Wird Gewebe z.B. unter einem Winkel von 45° (diagonal) eingelegt und auf Zug und Druck belastet, ist die Festigkeit und Steifigkeit geringer als bei einer rechtwinkligen Ausrichtung. Wird ein unter 45° eingelegtes Gewebe allerdings auf Verdrehung (Torsion) belastet, liegen die Fasern in diesem Fall in Richtung der Belastung und erfüllen ihren Zweck optimal.

Wird hohe Biegefestigkeit in eine Vorzugsrichtung gefordert, kann ein unidirektionales Gewebe verwendet werden, bei dem etwa 90% der Fasern in Längsrichtung verlaufen.

Selbstverständlich lassen sich für die verschiedenen Belastungen auch verschiedene Gewebelagen einbringen, um die Festigkeit zu optimieren.

Das Laminieren

Unter Laminieren verstehen wir das schichtweise Einbringen von Verstärkungsgewebe von Hand (Handlaminieren). Dabei wird zuerst das Gewebe auf die richtige Größe zugeschnitten. Oft lohnt sich die Herstellung einer Kartonschablone.

Die mit einer Deckschicht versehene Form wird mit Harz eingestrichen und Gewebe aufgelegt. Nun wird laminiert, also das Gewebe mit dem darunterliegenden Harzanstrich getränkt.

Das Harz wird vorzugsweise von unten nach oben durch das Gewebe gearbeitet. Dies ergibt eine optimale Tränkung ohne Lufteinschlüsse.

Die sorgfältige Benetzung läßt sich bei Glasgeweben optisch leicht kontrollieren: nicht getränkte Stellen erscheinen weiß, richtig getränkte Stellen transparent.

Laminate lay-up

Once this preliminary work has been concluded, the actual laminating work can begin.

But first a few remarks on the material:

Not only the number of the various fabric plies, also the fibre orientation should be chosen in view of the loads applied. After all, the advantage offered by fibre-reinforced plastics is that the greatest strength is always obtained in the direction of the fibres. As a result, the designer can modify the strength of a component by orienting the fibres accordingly.

In a "normal" reinforcing fabric the fibres are oriented along two directions, the warp (longitudinal direction) and the weft (transverse direction). The filaments cross at right angles, i.e. in the horizontal and vertical directions. The strength of the fabric in these two directions is high. On the other hand, if the fabric, for example, is laid at an angle of 45° (diagonally) and then subjected to tensile and compressive forces, its strength and rigidity are lower. If, however, a fabric laid at 45° is subjected instead to torsion (twisting), then the fibres lie along the respective load directions in this case and so optimally fulfil their purpose.

If high flexural strength is required in the one direction only, then a unidirectional fabric in which about 90% of the fibres are oriented along the longitudinal direction can be used.

Of course, different fabric plies can also be laid for optimising the strength with respect to the different load types.

Laminating

Laminating is understood to be the ply-by-ply build-up of reinforcing fabric by hand (hand lay-up). Here, the fabric is first cut to size. Often a cardboard template is manufactured to facilitate this work.

Provided with an overlay, the mould is coated with resin, and fabric laid on top. Now laminating begins, i.e. the fabric is impregnated with the underlying resin coat.

The most common method involves working the resin through the fabric from bottom to top. This results in the optimal impregnation without air inclusions.

Whether glass fabrics have been wetted correctly by the resin can be easily checked by eye: places that haven't been impregnated appear white, correctly impregnated places are transparent.

Gegebenenfalls muß mittels Pinsel weiteres Harz aufgetragen werden. Das **Entlüften** der Gewebe erfolgt durch **Stupfen** und **Streichen** mit einem Borstenpinsel oder bei größeren Bauteilen durch Abrollen mittels Velour-Walze und Teflonroller.

Danach folgt eine zweite Gewebelage, welche meist noch mit dem darunterliegenden Harz getränkt werden kann. Ein erneuter Harzauftrag ist nur dort nötig, wo das Gewebe trotz Stupfens weiß, also trocken bleibt.

Alle glänzenden Stellen deuten auf zuviel Harz hin. Dieses muß mit dem Pinsel an die Stellen gebracht werden, wo möglicherweise zuwenig vorhanden ist oder durch Auflegen von saugfähigem Papier entfernt werden. **Ein gutes Laminat** zeigt an der Rückseite die rauhe Gewebestruktur.

Der Faseranteil

Ein optimales Volumenverhältnis Harz : Verstärkungsgewebe wäre etwa 40:60, was jedoch beim Handlaminieren kaum erreicht wird. Mit einem Anteil 50:50 kann man bereits zufrieden sein.

Einfärbungen

Wenn farbige Deckschichten eingebracht werden, lohnt es sich, auch das Laminierharz abzutönen, damit die Deckkraft der Farbe erhöht wird. Die Verarbeitung farbigen Harzes erschwert allerdings das Feststellen von Luftblasen beim Laminiervorgang.

Gewebe

Beachten Sie, daß Sie zuerst ein eher dünneres Gewebe verwenden, welches sich gut um Ecken und Kanten laminieren läßt. Die nachfolgenden Lagen können dicker sein.

Bitte bedenken Sie, daß mehrere dünne Gewebe evtl. leichter einzubringen sind, als ein dickes Gewebe. Dazu kommt noch die Möglichkeit, daß bei mehreren Lagen die ggf. Festigkeit dadurch optimiert werden kann, daß die Lagen im Faserwinkel von $0^\circ/90^\circ$ und $\pm 45^\circ$ orientiert werden.

Bei dünnen, flachen Geweben liegen die Fasern gestreckter im Laminat, als bei schweren Sorten. Mehrere Lagen dünnes Gewebe ergeben daher eine höhere Festigkeit, als wenige Lagen einer dicken Type.

Glasmaten (Vliese) eignen sich nur für Polyesterharze und ergeben sehr harzreiche Lamine mit vergleichsweise geringer Festigkeit. Ihr Einsatz ist daher hauptsächlich auf Anwendungen beschränkt, bei denen der Preis mit maßgebend ist und auf möglichst günstige Art ein dickes Laminat hergestellt werden soll (Kfz-Bauteile, Boote und Behälter etc.).

Zusammensetzen der Formteile (bei mehrteiligen Formen)

1.) Nach dem Laminieren wird das überstehende Gewebe mit einer gerundeten Schere abgeschnitten (**Skizze 2**), der Formrand gereinigt und das Bauteil mit einem vorgetränkten Gewebeband zusammengefügt. Man kann auch warten, bis das Harz angeliegt ist. Das überstehende Gewebe wird dann mit einem Messer abgeschnitten.

Beim Zusammenfügen der Halbschalen mittels Gewebeband sollte das Laminat noch klebrig sein, um eine optimal haftende Verbindung zu erzielen. Ist das Laminat bereits gehärtet, muß vorher angeschliffen werden.

2.) Die zweite Möglichkeit ist das bewährte naß-in-naß-Verfahren. Hier wird jeweils auf der einen Seite ein Streifen überstehendes Gewebe belassen (**Skizze 3**). Dieser Gewebeüberstand wird dann für die Verbindung der beiden Bauteilhälften verwendet.

Bei mehrschichtigen Laminaten können die ersten Gewebelagen bündig abgeschnitten werden. Nur die letzte Gewebelage wird wie vor beschrieben überstehend abgeschnitten.

If necessary, more resin must be applied with a brush.

De-airing the fabrics takes the form of **dabbing** and **stroking** with a bristle brush or, in the case of larger components, of rolling with a non-woven or Teflon roller.

A second fabric ply now follows which in most cases the underlying resin can still impregnate. A second application of resin becomes necessary only when the fabric remains white, i.e. dry, despite the above de-airing measures.

All glossy places are a sign of too much resin.

A brush must be used to transfer this to places with possibly too little resin, or absorbent paper applied to remove it. A good laminate bears on its rear side the rough structure of the fabric.

The fibre volume fraction

The optimal volume ratio between resin and reinforcing fabric is about 40:60, a ratio, however, that can scarcely be achieved with hand lay-up operations. Instead, a ratio of 50:50 is considered to be a satisfactory result.

Colouring

When coloured overlays are applied, it often proves practical to tint the laminating resin as well in order to enhance the covering power of the colour. However, processing coloured resins makes more difficult the detection of air bubbles during the laminating process.

Fabrics

Always remember to use at first a thinner fabric that can be laminated well in corners and over edges. The subsequent layers can be thicker.

Please also remember that several thin fabrics are possibly easier to apply than one thick fabric. A further possibility is that, when several plies are applied, the strength can be optimised when the plies are oriented at fibre angles of $0^\circ/90^\circ$ or $\pm 45^\circ$.

In thin, flat fabrics, the fibres are more elongated in the laminate than in heavier fabric types. So several plies of thin fabric yield a higher strength than fewer plies of a thick type.

Glass mats (non-wovens) are suitable for polyester resins only and yield laminates with a very high resin content and comparatively low strength. Their use is therefore mainly limited to applications with which the price plays a decisive role and a thick laminate must be manufactured in as economical a manner as possible (automobile parts, boats, tanks, etc.).

Assembling the mould parts (for split moulds)

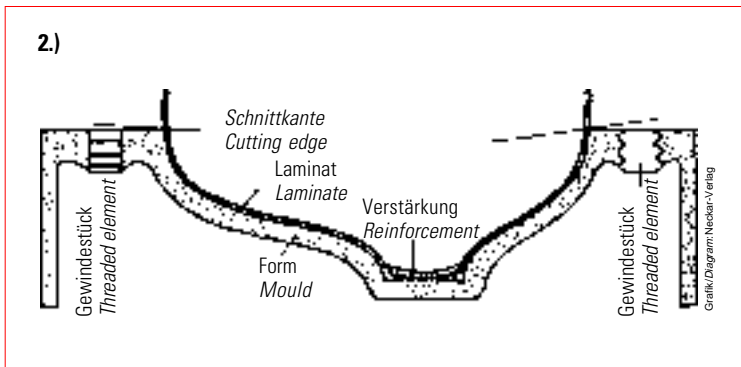
1.) After laminating, the projecting fabric is cut off with a rounded pair of shears (**Diagram 2**), the edge of the mould cleaned, and the component assembled with a pre-impregnated fabric tape. Alternatively, the resin can be allowed to gel for a time. The projecting fabric is then cut off with a knife.

When the two shells are assembled with fabric tape, the laminate should still be sticky so that the optimal adhesive bond is obtained. If the laminate has already cured, it must first be ground.

2.) The second possibility is the established wet-in-wet method. With this method, a strip of projecting fabric is left uncut on one side (**Diagram 3**). This projecting fabric is then used to assemble the two halves of the component.

In the case of multi-ply laminates, the first fabric plies can be cut flush to the mould's inner surface: only the last fabric ply is cut along the edge of the mould as described above.

(Skizze 2) überstehendes Gewebe wird an der Formkante abgeschnitten



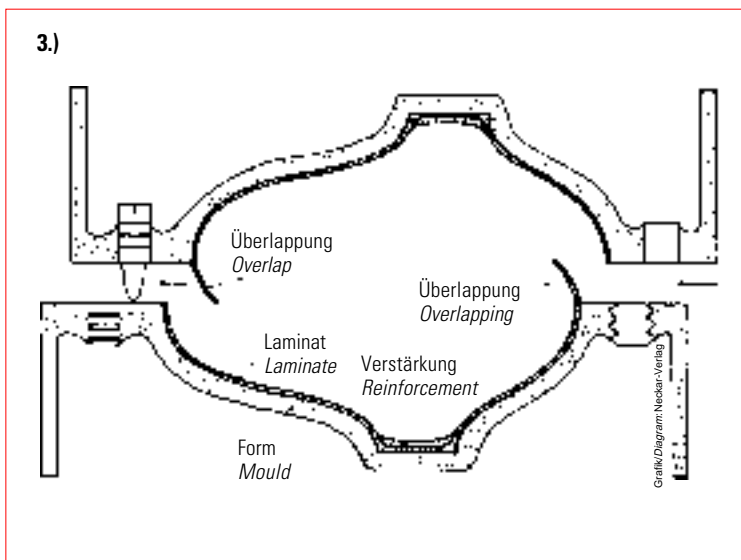
(Diagram 2) Projecting fabric is cut off along the edge of the mould

Abschneiden des überstehenden Gewebes mit einer gebogenen Spezialschere (siehe R&G-Zubehörprogramm).



Special curved shears for cutting off the projecting fabric (see R&G accessories programme)

(Skizze 3) Zusammensetzen nach der naß-in-naß-Methode



(Diagram 3) Wet-in-wet assembly of the two mould halves



Industriefußböden

Industriefußböden werden in der Praxis den unterschiedlichsten Belastungen ausgesetzt. Letztlich üben nahezu alle mechanischen Einwirkungen Zugspannungen im Gefüge und besonders an der direkt befahrenen Oberfläche aus. In der Praxis haben sich Beschichtungen aus Epoxydharzen seit vielen Jahren in den unterschiedlichsten Branchen (Lebensmittel, Chemie) bewährt.

Beton, ein problematischer Untergrund

Betone sind Zweistoffgemische, bestehend aus dem Bindemittel (meist Zement) und den Füllstoffen (Sand, Kies). Zementgebundener Beton benötigt, um eine gute Verarbeitbarkeit zu erlangen, deutlich mehr Wasser als für die chemische Reaktion des Zements erforderlich ist. Dadurch entstehen Kapillarporen, die sich auf die meisten Eigenschaften nachteilig auswirken. Die Zugfestigkeit ist mit nur 10% der Druckfestigkeit relativ gering, der Zugbruch spröde und die Bruchdehnung mit ca. 0,2 tausendstel mm äußerst niedrig. Die Zug- und Druckfestigkeit im oberflächennahen Bereich sind meist deutlich geringer als die des Kernbetons.

Oberflächen-Vorbehandlung

Sandstrahlen

Beim Sandstrahlen wird das Korngefüge weitgehend freigelegt. Die Oberfläche ist für eine weitere Beschichtung optimal geeignet. Wegen der Staubentwicklung ist das Verfahren stark umweltbelastend und wird kaum noch angewandt.

Stahlkugel-Strahlverfahren

Die dafür erforderlichen Geräte arbeiten nahezu staubfrei. Je nach Strahlmittel (rund, kantig, unterschiedliche Größen) kann das Oberflächenprofil variiert werden. Nach dem Strahlvorgang wird die Oberfläche mit einem Industriestaubsauger vom Staub befreit.

Feuchtstrahlen

Bei diesem modifizierten Sandstrahlverfahren wird der Untergrund angefeuchtet und dem Strahlgut Wasser zugegeben. Die Staubentwicklung wird deutlich verringert.

Wasserstrahlen

Bei diesem Verfahren wird Wasser in geeigneten Geräten auf hohe Drücke gebracht und mittels Stahl Lanzens auf die Oberfläche des Betons geführt. Im allgemeinen liegt der Wasserdruck bei 200 - 500 bar. Die Durchfeuchtung des Betons ist relativ gering, so daß meist schon nach 1 - 2 Tagen beschichtet werden kann.

Flammstrahlen

Die thermischen Verfahren werden dort eingesetzt, wo Öle, Harze und ähnliche Verunreinigungen beseitigt werden müssen. Der technische Aufwand ist beträchtlich. Geflammstrahlte Oberflächen müssen vor der Beschichtung durch Fräsen oder Abbürsten behandelt werden.

Betonfräsen

Das Fräsen mit rotierenden Schlagfräsen bzw. Klopffmeißeln ist zwar gut geeignet, beschädigt aber die Betonoberfläche durch Mikrorisse. Um diese zu verschließen ist eine leistungsfähige Harzgrundierung erforderlich.

Reinigen mit rotierenden Bürsten

Mittels rotierender Bürsten kann keine Zementhaut bzw. Schlempe entfernt werden.

Chemische Verfahren

Die chemische Vorbehandlung, meist Ätzen mit Säuren, sollte in der Betontechnologie nicht angewandt werden. Es ist nicht auszuschließen, daß Säurereste im Beton verbleiben, die dann zu Schäden führen können.

Industrial floors

Designed for this very purpose, industrial floors are subjected to the most diverse loading conditions. In the final analysis, virtually all mechanical influences give rise to tensile stresses in the structure and, in particular, on what they directly affect, namely the surface.

In practice, coatings of epoxy resins have been rendering good service for many years now in the most diverse sectors (foodstuffs, chemicals).

Concrete, a problematic base surface

Concrete in all its variants is a binary mixture consisting of the binder (in most cases cement) and the fillers (sand, gravel). In order to respond well to processing, cement-bound concrete needs considerably more water than is necessary for the cement to undergo chemical reactions. The result is capillary porosity that proves detrimental to most of the concrete's properties. Equalling only 10% of the compressive strength, the tensile strength is relatively low, the tensile failure brittle, and the elongation at break extremely low at approx. 0.2 thousandths of a millimetre. The tensile and compressive strengths near the surface are in most cases considerably lower than at the core.

Surface preparation methods

Sandblasting

Sandblasting exposes large areas of the surface's grain structure. The surface is now ideally prepared for a further coating. Owing to the dust emissions, this method is extremely harmful to the environment and scarcely finds application today.

Shot peening

The requisite equipment works virtually free of dust emissions. The final surface profile can be varied depending on the blast medium (round, angular, varying sizes). After peening, dust is removed from the surface with an industrial vacuum cleaner.

Wet sandblasting

With this modified method of sandblasting, the base surface is dampened and water added to the blast medium. Dust emissions are considerably reduced.

Hydraulic blasting

With this method, water is subjected to high pressure in suitable equipment and directed against the surface of the concrete through steel lances. In general, the water is pressurised at 200 - 500 bar. The penetration of water into the concrete is relatively low, so that the coating can be applied in most cases after one or two days.

Flame blasting

Heat treatment methods are used wherever oils, resins, or similar contaminants have to be removed. The technical preparations are considerable. Flame-blasted surfaces must be milled or brushed down before the coating is applied.

Concrete milling

Although milling with rotating fly cutters or chisels is highly suitable, it causes damage in the form of microcracking to the surface of the concrete. This microcracking must then be sealed efficiently with a priming coat of resin.

Cleaning with rotating brushes

Rotating brushes cannot remove cement skin or laitance.

Chemical methods

Chemical pretreatment, in most cases etching with acids, should not be used in concrete engineering. In all probability, the concrete will still contain acid residue that can then lead to damage.

Harz-Rezepturen

Imprägnierung

Imprägnierungen sind Tränkungen saugfähiger Untergründe wie Zementestrich und Beton mit niedrigviskosen, gut eindringenden Epoxyd-Lösungen, die teilweise die Poren füllen. Durch die Imprägnierung wird die Oberfläche verfestigt, die Widerstandsfähigkeit erhöht und durch Abrieb entstehende Staubbildung verhindert. Die Imprägnierung enthält einen hohen Lösemittelanteil und wird vorzugsweise mit einer Bürste oder Farbbrolle verarbeitet.

Resin recipes

Impregnations

Impregnations are the result when absorbent base surfaces such as cement screed or concrete take up low-viscosity, highly penetrative epoxy solutions that fill the pores to a certain extent. Impregnation consolidates the surface, enhances the strength, and suppresses dust emissions generated by abrasion. Impregnations contain a high proportion of solvents and are mostly applied with a brush or paint roller.

Beispiele einer Imprägnierung <i>Some example impregnations</i>	Gewichtsteile <i>Parts by weight</i>
Epoxydharz HT 2 + Härter HT 2 (gemischt) <i>Epoxy resin HT 2 + hardener HT 2 (mixed)</i>	100
Isopropanol <i>Isopropanol</i>	55
Xylol <i>Xylene</i>	65

Beschichtungen

Beschichtungen sind Überzüge aus lösemittelfreien Epoxydharzen, die in einer Dicke von 0,5 - 2 mm aufgetragen werden. Beschichtungen sind nach der Aushärtung porenfrei und dicht. Sie lassen sich mit Epoxydfarbpasten beliebig einfärben. Der Auftrag erfolgt mittels Farbwalze.

Coatings

Coatings are overlays of solvent-free epoxy resins that are applied to a thickness of 0.5 - 2 mm. After curing, coatings are non-porous and tight. They can be mixed with any epoxy colour paste and are applied with a paint roller.

Beläge

Beläge sind Überzüge aus lösemittelfreien Epoxydharzen, die im allgemeinen in einer Dicke von 3 - 6 mm, meistens in Form von spachtelfähigen oder selbstverlaufenden Massen eingesetzt werden. Die Widerstandsfähigkeit gegen Verschleiß wird durch geeignete Füllstoffe, vor allem Quarzmehl und Quarzsand, bewirkt.

Surfacings

Surfacings are overlays of solvent-free epoxy resins that are generally applied to a thickness of 3 - 6 mm and mostly take the form of trowelling or self-spreading compounds. The resistance to wearing is obtained with suitable fillers, above all quartz powder or quartz sand.

Beispiele eines Belages <i>Some examples of surfacings</i>	Gewichtsteile <i>Parts by weight</i>
Epoxydharz HT 2 + Härter HT 2 (gemischt) <i>Epoxy resin HT 2 + hardener HT 2 (mixed)</i>	100
Quarzmehl W 6 (Kölner Quarzwerke) <i>Quartz powder W 6 (Kölner Quarzwerke)</i>	110
Feinsand 0,1 - 0,4 mm <i>Fine sand 0.1 - 0.4 mm</i>	140
1-3 mm Quarz (Westdeutsche Quarzwerke, Dorsten) <i>1-3 mm quartz (Westdeutsche Quarzwerke, Dorsten)</i>	360

Einstreubelag

Wo rutschfeste Oberflächen gefordert sind, hat sich der Einstreubelag besonders bewährt. Seine Herstellung ist recht einfach.

Dry penetration surfacing

Dry penetration surfacing has proved its usefulness especially where non-slip surfaces are required.

Zunächst wird ein selbstverlaufender Belag, wie oben beschrieben, mittels Walze aufgebracht. Je nach gewünschter Textur streut man nun Zuschlagstoffe von unterschiedlichem Durchmesser und Qualität ein. Häufig wird Quarz der Körnung 0,7 - 1,5 mm bzw. 1,0 - 2,0 mm verwendet. Beim Einstreuen muß darauf geachtet werden, daß der Zuschlagstoff senkrecht von oben in die Beschichtungsmasse fällt, damit eine "Wellenbildung" durch schräg auftreffendes Material vermieden wird. Die Einstreuung erfolgt im Überschuß. Nach dem Aushärten (über Nacht) wird das nicht gebundene Korn gut entfernt und eine Versiegelung aufgebracht. Solche Versiegelungen können farbig oder auch naturell ausgeführt werden. Die Schichtdicken liegen bei 6 - 7 mm.

First of all, a roller is used to apply a self-spreading surfacing as described above. This surfacing is now strewn with aggregates of varying diameters and qualities, depending on the texture wanted. Frequently used is quartz ranging from 0.7 - 1.5 mm or from 1.0 - 2.0 mm. Particular care must be taken that the strewn aggregates fall vertically into the coating compound so that they cannot give rise to "waving" in the substrate. The aggregates must be strewn to excess, i.e. until the whole substrate is covered with unbound grains. After (overnight) curing, the unbound grains are completely removed and a seal applied. These seals can be coloured or applied in their naturally occurring state. The thickness of this surfacing lies between 6 and 7 mm.

Estriche/Mörtelbeläge

Estriche aus Reaktionsharzmörtel bestehen aus dem Bindemittel Epoxydharz, Farbpigmenten (Farbpasten), Füllstoffen und mineralischen bzw. synthetischen Zuschlägen. Sie werden üblicherweise als Verbundestriche in Schichten von 8 - 15 mm verlegt.

Kunstharzgebundene Estriche, sogenannter **Polymer Concrete**, werden dort eingesetzt, wo hohe chemische Belastungen mit hohen mechanischen Beanspruchungen vorliegen, z.B. in Brauereien, Molkereien, fleischverarbeitenden Betrieben.

Screed toppings/plaster finishes

Screed toppings of reactive resin mortar are made up of the binder epoxy resin, pigments (colour pastes), fillers, and mineral or synthetic aggregates. They are usually laid as composite screed toppings in layers of 8 - 15 mm thickness.

Synthetic-resin-bound screed toppings, so-called **polymer concrete**, are used wherever an especially high resistance to chemical attack and mechanical loading is required, e.g. in breweries, dairies, meat-processing plant, etc.

Beispiele eines Estriches <i>Some examples of screed toppings</i>	Gewichtsteile <i>Parts by weight</i>
Epoxydharz HT 2 + Härter HT 2 (gemischt) <i>Epoxy resin HT 2 + hardener HT 2 (mixed)</i>	100
Elektroflugfilterasche <i>Electrically precipitated fly ash</i>	110
Quarz 0,1 - 0,4 mm <i>Quartz 0,1 - 0,4 mm</i>	80
Quarz 1,0 - 3,0 mm <i>Quartz 1,0 - 3,0 mm</i>	550

Für alle Rezepturen gilt: Je nach Herkunft der Füllstoffe müssen die Anteile variiert werden. Vorversuche sind erforderlich.

Whatever the recipe, the respective proportions vary depending on where the fillers came from. Preliminary tests are required.

Steinteppich

Ein optisch sehr ansprechender Fußbodenbelag ist der Steinteppich. Als Füllstoff wird farbiger Splitt in Korngrößen von 1 bis 5 mm verwendet. Durch Mischung verschiedener Farben können interessante Effekte erzeugt werden (z.B. weiß mit schwarzen Einsprengseln).

Der Belag ist nicht selbstverlaufend und muß daher in der gewünschten Höhe mit einer Alu-Richtlatte abgezogen und mit einer Glättkelle egalisiert werden. Nach einer Härtung über Nacht erfolgt als Versiegelung ein Auftrag reinen Harzes mittels Walze.

Die Gesamt-Schichtstärke liegt bei 5 - 10 mm.

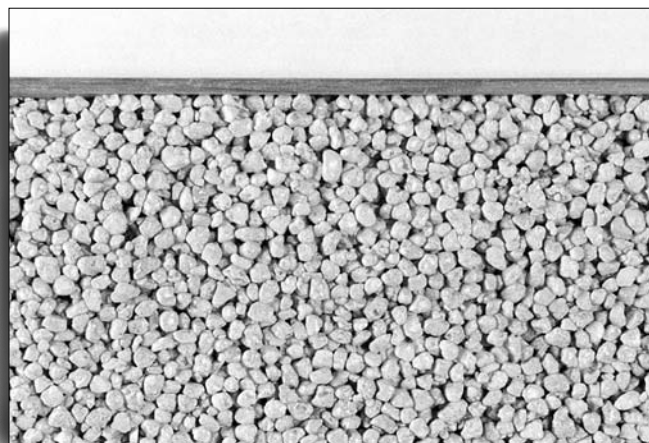
Stone carpets

A floor finish with a high visual appeal is the stone carpet. Used as the filler are coloured chippings ranging from 1 to 5 mm in size. Mixing different colours can give rise to some interesting effects (e.g. white with black scatterings).

This floor finish is not self-spreading and so has to be struck off to the required height with an aluminium level and finished with a smoothing trowel.

After overnight curing, the stone carpet is sealed with pure resin applied by means of a roller.

The overall thickness of the layer is 5 - 10 mm.



Beispiel für einen Steinteppich

Example stone carpet

Auswahl der Bindemittel

Für alle Beschichtungen gut geeignet ist das **Epoxydharz HT 2 + Härter HT 2**. Es härtet auch in dünnsten Schichten völlig klebfrei und besitzt eine helle Eigenfarbe und gute UV-Stabilität (besonders wichtig bei weißen Einfärbungen bzw. beim "Steinteppich").

Ebenfalls sehr gut geeignet ist die Kombination **Epoxydharz L + Härter H 105/B**. Dieses System ist unempfindlich gegen Feuchteinwirkung (Untergrund) und härtet auch bei niedrigen Temperaturen (5 - 10 °C) und in dünner Schicht mit klebfreier Oberfläche aus.

Für schnelle Reparaturen kommt das **Harz L + Härter SF** in Frage. Auch dieses System ist für niedrigere Temperaturen geeignet.

Härter SF ist aufgrund der hohen Reaktivität nur für dünne Schichten von 2 - 3 mm geeignet (reines Bindemittel). Bei Zugabe von Füllstoffen kann die Schichtstärke auf 5 - 10 mm erhöht werden.

Choosing the binders

A highly suitable binder for all coatings is the **epoxy resin HT 2 + hardener HT 2**. Even the thinnest layers cure completely tack-free, and it has its own light colour and good UV stability (particularly important for white colourings and for stone carpets).

Also highly suitable is the combination of **epoxy resin L and hardener H 105/B**. This system is insensitive to the effects of moisture (base surface) and cures also at low temperatures (5 - 10 °C) and in thin layers to yield a tack-free surface.

For fast repairs, the system **resin L and hardener SF** is a possible solution. This system, too, is suitable for lower temperatures.

Owing to its high reactivity, hardener SF is suitable for thin layers of 2 - 3 mm only (pure binder). When fillers are applied, this thickness can be increased to 5 - 10 mm.

Aus Epoxydharz, Isopropanol und Xylol wird nach Rezeptur eine sehr dünnflüssige **Imprägnierung** hergestellt und mittels Walze aufgetragen.



In accordance with the recipe, an **impregnation** with very low viscosity is made from epoxy resin, isopropanol, and xylene and applied with a roller.

Nach Härtung über Nacht erfolgt der Auftrag eines selbstverlaufenden **Belages** nach der Rezeptur.



After overnight curing, a self-spreading **surfacing** is applied in accordance with the recipe.

Die gehärtete, hochglänzende Beschichtung



The hardened, high-lustre coating

Bezugsquellen Füllstoffe

Farbquarze/Kiesel (Quarzcolor®):
Steidle Baustoff GmbH, 72505 Krauchenwies

Quarzitische Füllstoffe:
Westdeutsche Quarzwerke, Dr. Müller GmbH, 46282 Dorsten

Suppliers of fillers

Coloured quartz/pebbles (Quarzcolor®):
Steidle Baustoff GmbH, 72505 Krauchenwies, Germany

Quartzitic fillers:
Westdeutsche Quarzwerke, Dr. Müller GmbH, 46282 Dorsten, Germany

Vernetzungsgrade geeigneter Beschichtungsharze

Cross-link densities of suitable coating resins

Härtungstemperatur <i>Curing temperature</i>	Härtungszeit <i>Curing time</i>	Vernetzungsgrade (Aushärtegrade) ca.-Werte <i>Cross-link densities (degrees of curing), approx. values</i>		
		Epoxydharz L + Härter SF <i>Epoxy resin L + hardener SF</i>	Epoxydharz L + Härter H 105/B <i>Epoxy resin L + hardener H 105/B</i>	Epoxydharz HT 2 + Härter HT 2 <i>Epoxy resin HT 2 + hardener HT 2</i>
23°C	24 h	89,5 %	91,2 %	87,7 %
23°C	48 h	90,3 %	93,3 %	92,7 %
23°C	7 d	92,2 %	96,8 %	96,8 %
10°C	24 h	74,5 %	77,1 %	75,8 %
10°C	48 h	77,2 %	83,9 %	84,3 %
10°C	7 d	84,9 %	85,0 %	93,2 %
5°C	24 h	68,1 %	68,3 %	57,8 %
5°C	48 h	73,6 %	74,1 %	68,6 %
5°C	7 d	76,4 %	77,1 %	83,8 %

FUNDAMENTVERGUSS

Zur Vibrationsdämpfung bei Maschinenfundamenten ist es erforderlich, die Stahl-Montageplatte mit dem Betonfundament kraftschlüssig zu verbinden. Als Werkstoff für einen Verguß kommt aufgrund der sehr guten mechanischen Eigenschaften und des äußerst geringen Schwundes bei der Härtung nur Epoxydharz in Frage. Um die Eigenschaften (z.B. Druckfestigkeit) zu verbessern, sind diese Gießharze mit Zuschlagstoffen wie Stahlpulver gefüllt. Beim nachfolgend beschriebenen Projekt wurde von R&G ein Verguß von 600 kg geplant und ausgeführt. Die Gießdicke betrug 20 - 30 mm, der Verguß erfolgte unter Vakuum.



Die Stahlplatte ist mit Stellschrauben justiert und wird mit Plexiglas eingeschalt. Zum Verkleben wird das R&G Vakuum-Dichtband eingesetzt. Das durchsichtige Plexiglas erlaubt eine optimale Kontrolle des Vergusses.

The steel base was adjusted at set screws, and a formwork of perspex erected. R&G vacuum sealing tape was used to secure the formwork in place. The transparent perspex optimally facilitates visual checks of the sealing process.



Über einen Trichter wird das Harz eingegossen. Um einen gleichmäßigen, fehlerfreien und schnellen Verguß zu gewährleisten, wird der eingeschaltete und abgedichtete Hohlraum zwischen Stahlplatte und Betonfundament mit einer Vakuumpumpe evakuiert und das Harz "eingesaugt".

The resin is poured through a funnel. Uniform, sound, and fast sealing is ensured when the sealed cavity in the formwork between the steel base and the concrete foundation is evacuated with a vacuum pump, "sucking in" the resin in the process.

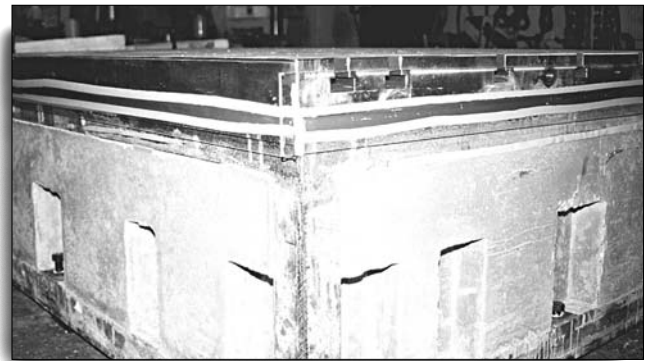
SEALING COMPOUNDS FOR FOUNDATIONS

If vibrations are to be reduced in machine foundations, a non-positive connection must be effected between the steel mounting base and the concrete foundation. Owing to their excellent mechanical properties and extremely low shrinkage after curing, epoxy resins prove to be the only possible candidates for the sealing compound. The properties of these cast resins (e.g. compressive strength) are enhanced by the addition of aggregates, e.g. steel powder, as fillers. The following describes a project planned and realised by R&G for the application of 600 kg of sealing compound. Curing occurred in vacuum with a casting thickness of 20 - 30 mm.



Das Harz wird in 30 kg-Chargen mit einem handgeführten Rührwerk angemischt. Dabei ist der Wandung und dem Boden des Mischgefäßes größte Aufmerksamkeit zu schenken.

The resin is mixed in 30 kg batches with a hand-held agitator. The greatest possible attention must be paid to the walls and base of the mixing vessel.



Der fertige Verguß. Der Hohlraum ist 20 - 30 mm dick mit Harz lunkerfrei gefüllt. Nach Härtung über Nacht wird die Schalung entfernt.

The result: the cavity is filled free of voids with 20 - 30 mm of resin. After overnight curing, the formwork is removed.

EPOXYDHARZE, KLEBSTOFFE

EPOXY-RESINS, GLUES

S. 2.06 Epoxydharz L	<i>S. 2.06 Epoxy resin L</i>
S. 2.07 Härter SF	<i>S. 2.07 Hardener SF</i>
S. 2.08 Härter S, Härter L	<i>S. 2.08 Hardener S, Hardener L</i>
S. 2.09 Härter VE 3261	<i>S. 2.09 Hardener VE 3261</i>
S. 2.10 Härter LC	<i>S. 2.10 Hardener LC</i>
S. 2.14 Epoxydharz L 1000	<i>S. 2.14 Epoxy resin L 1000</i>
S. 2.20 Epoxydharz HT 2	<i>S. 2.20 Epoxy resin HT 2</i>
S. 2.22 Epoxydharz L 20	<i>S. 2.22 Epoxy resin L 20</i>
S. 2.23 Härter VE 2723, VE 2778 H 105/B	<i>S. 2.23 Hardener VE 2723, VE 2778 H 105/B</i>
S. 2.24 Härter VE 3261, Härter SG	<i>S. 2.24 Hardener VE 3261, Hardener SG</i>
S. 2.26 Epoxydharz LF, Härter LF 1	<i>S. 2.26 Epoxy resin LF, Hardener LF 1</i>
S. 2.30 Epoxydharz-Gießharz kristallklar	<i>S. 2.30 Epoxy cast resin, crystal-clear</i>
S. 2.32 Epoxydharz C	<i>S. 2.32 Epoxy resin C</i>
S. 2.36 Martens Plus-EP	<i>S. 2.36 Martens Plus-EP</i>
S. 2.40 Aktiv-Verdünner EPD BD	<i>S. 2.40 Active diluent EPD BD</i>
S. 2.42 Flexibilisator	<i>S. 2.42 Flexibilizer</i>
S. 2.43 Entlüfter	<i>S. 2.43 Degasser</i>
S. 2.44 Epoxyd Farbpasten	<i>S. 2.44 Epoxyd colour pastes</i>
S. 2.45 Transparentfarben	<i>S. 2.45 Transparent colours</i>
S. 2.48 EP-Gelcoat farblos	<i>S. 2.48 EP-Gel coat colourless</i>
S. 2.50 EP-Gelcoat weiß	<i>S. 2.50 EP-Gel coat white</i>
S. 2.52 Formenharz P	<i>S. 2.52 Mould resin P</i>
S. 2.54 Alu Formenharz	<i>S. 2.54 Aluminium mould resin</i>
S. 2.56 Repair Sticks	<i>S. 2.56 Repair sticks</i>
S. 2.58 Metallkleber E	<i>S. 2.58 Metal adhesive E</i>
S. 2.60 5-min-Epoxy	<i>S. 2.60 5-Min. epoxy</i>
S. 2.62 Epoxyd-Minuten-Kleber	<i>S. 2.62 Epoxy minute</i>
S. 2.64 Sekundenkleber	<i>S. 2.64 Superglue</i>
S. 2.68 MMA-Kleber	<i>S. 2.68 MMA-superglue</i>

Systeme	Eigenschaften	Härterfarbe	Viskosität	Mischungsverhältnis	Topfzeit	Härtung	Wärmebelastbarkeit
Systems	Properties	Hardener colour	Viscosity	Mixing ratio	Pot life	Curing	Heat resistance
			Harz, Härter (mPa·s) Resin, hardener (mPa·s)	Gewichtsteile parts by weight	(100g-Ansatz min. bei 20 °C) (100 g, min at 20 °C)	(h)	(ca. °C) (approx. °C)
Epoxydharz L + Härter SF	Schneller Härter für kleine Bauteile und Reparaturen. Dünnwandige Lamine mit hoher Steifigkeit. Härtet schon bei Temperaturen ab 5 °C, kann an der Luftseite leichten Schmierfilm hinterlassen.	dunkelrot bis bläulich	700 Harz 1200 Härter gemischt = 1000 ± 150	100 : 20 100 : 22 (Vol.)	15	kalthärtend 12 - 24	80
<i>Epoxy resin L + hardener SF</i>	<i>Fast hardener for small components and repairs. Thin-walled laminates with high rigidity. Cures as low as 5 °C, can retain a thin film of grease on the air side.</i>	<i>dark red to bluish</i>	<i>700 resin 1200 hardener mixed = 1000 ± 150</i>	<i>100 : 20 100 : 22 (Vol.)</i>	<i>15</i>	<i>cold-curing 12 - 24</i>	<i>80</i>
Epoxydharz L + Härter S	Schneller Härter für kleine Bauteile und Reparaturen. Dünflüssig, gute statische und dynamische Festigkeit.	hellgelb	700 Harz 370 Härter gemischt = 467 ± 50	100 : 40 100 : 45 (Vol.)	20	kalthärtend 24	65
<i>Epoxy resin L + hardener S</i>	<i>Fast hardener for small components and repairs. Low-viscosity, good static and dynamic strength.</i>	<i>light yellow</i>	<i>700 resin 370 hardener mixed = 467 ± 50</i>	<i>100 : 40 100 : 45 (Vol.)</i>	<i>20</i>	<i>cold-curing 24</i>	<i>65</i>
Epoxydharz L + Härter L	Härter mit mittlerer Topfzeit für viele Anwendungen im Modell- und Sportgerätebau. Der meistverwendete Härter für Epoxydharz L.	hellgelb	700 Harz 320 Härter gemischt = 723 ± 100	100 : 40 100 : 45 (Vol.)	40	kalthärtend 24	65
<i>Epoxy resin L + hardener L</i>	<i>Hardener with medium pot life for many applications in model construction and the design of sports equipment.</i>	<i>light yellow</i>	<i>700 resin 320 hardener mixed = 723 ± 100</i>	<i>100 : 40 100 : 45 (Vol.)</i>	<i>40</i>	<i>cold-curing 24</i>	<i>65</i>
Epoxydharz L + Härter VE 3261	Für Bauteile mit hoher statischer und dynamischer Festigkeit und erhöhter Wärmeformbeständigkeit. Kaltanhärtend, nach Warmhärtung vom Germanischen Lloyd zugelassen für den Bootsbau.	hellgelb	700 Harz 200 Härter gemischt = 719 ± 100	100 : 25 100 : 29 (Vol.)	90	24 h bei RT + Temperung 15 h bei min. 60 °C.	max. 130-140 (bei zusätzlicher Temperung 10 h/100 °C)
<i>Epoxy resin L + hardener VE 3261</i>	<i>For components with high static and dynamic strength and enhanced heat distortion temperature. Cold-curing, after hot curing approved by Germanischer Lloyd for boat building.</i>	<i>light yellow</i>	<i>700 resin 200 hardener mixed 719 ± 100</i>	<i>100 : 25 100 : 29 (Vol.)</i>	<i>90</i>	<i>24 h at RT + annealing 15 h at min. 60 °C.</i>	<i>max 130-140 (with additional annealing 10 h/100 °C)</i>
Epoxydharz L + Härter LC	Für Gießanwendungen bis ca. 1 Liter in einem Arbeitsgang. Höhere Volumina mit Füllstoffen möglich! Dickwandige Hinterfütterungen aus Quarzsand im Formenbau.	rötlich-braun	700 Harz 300 Härter gemischt = 480 ± 50	100 : 55 100 : 67 (Vol.)	6 - 8 h	1 - 7 Tage bei RT abhängig von der Schichtstärke.	40 - 50
<i>Epoxy resin L + hardener LC</i>	<i>For casting applications of max 1 litre in one working cycle. Larger volumes possible with fillers! Thick-walled backup coats of quartz sand in mould construction.</i>	<i>reddish brown</i>	<i>700 resin 300 hardener mixed = 480 ± 50</i>	<i>100 : 55 100 : 67 (Vol.)</i>	<i>6 - 8 h</i>	<i>1 - 7 days at RT irrespective of the coat thickness.</i>	<i>40 - 50</i>

2.02

Systeme	Eigenschaften	Härter-farbe	Viskosität	Mischungs-verhältnis	Topfzeit	Härtung	Wärmebe-lastbarkeit
Systems	Properties	Hardener colour	Harz, Härter (mPa·s) <i>Viscosity Resin, hardener (mPa·s)</i>	Gewichtsteile <i>Mixing ratio parts by weight</i>	(100g-Ansatz min. bei 20 °C) <i>Pot life (100 g, min at 20 °C)</i>	(h) <i>Curing h)</i>	(ca. °C) <i>Heat resistance (approx. °C)</i>
Epoxydharz L 1000 + Härter 5195/H	Schneller Härter für kleine Bauteile und zum Beschleunigen von Härter 5194/H. Dünflüssig, hohe statische und dynamische Festigkeit. GL-Zulassung für Windkraftflügel.	bläulich-transparent	1200 Harz 60 Härter gemischt = 380	100 : 30 100 : 37 (Vol.)	18 - 22	24 h bei RT + Temperung 15 h bei min. 60 °C.	80
<i>Epoxy resin L 1000 + hardener 5195/H</i>	<i>Fast hardener for small components and for accelerating hardener 5195/H. Low-viscosity, high static and dynamic strength. GL approval for wind turbine blades.</i>	<i>bluish transparent</i>	<i>1200 resin 60 hardener mixed = 380</i>	<i>100 : 30</i> <i>100 : 37 (Vol.)</i>	<i>18 - 22</i>	<i>24 h at RT + annealing 15 h at min. 60 °C.</i>	<i>80</i>
Epoxydharz L 1000 + Härter 5194/H	Langsamer Härter für große Bauteile und zum Einstellen von Härter 5195/H. Dünflüssig, hohe statische und dynamische Festigkeit. GL-Zulassung für Windkraftflügel.	bläulich-transparent	1200 Harz 55 Härter gemischt = 290	100 : 30 100 : 37 (Vol.)	500 - 600	24 h bei RT + Temperung 15 h bei min. 60 °C.	90
<i>Epoxy resin L 1000 + hardener 5194/H</i>	<i>Slow hardener for large components and for modifying the properties of hardener 5194/H. Low-viscosity, high static and dynamic strength. GL approval for wind turbine blades.</i>	<i>bluish transparent</i>	<i>1200 resin 55 hardener mixed = 290</i>	<i>100 : 30</i> <i>100 : 37 (Vol.)</i>	<i>500 - 600</i>	<i>24 h at RT + annealing 15 h at min. 60 °C.</i>	<i>90</i>
Epoxydharz HT 2 + Härter HT 2	Hochtransparentes, sehr dünnflüssiges Laminier- und Beschichtungssystem mit absolut klebfreier, glänzender Oberfläche.	farblos bis leicht gelblich	400 Harz 200 Härter gemischt = 201 ± 50	100 : 48 100 : 55 (Vol.)	45	kalthärtend 24	ca. 65
<i>Epoxy resin HT 2 + hardener HT 2</i>	<i>Supertransparent laminating and coating system of very low viscosity and with absolutely adhesive-free, glossy surface.</i>	<i>colourless to light yellowish</i>	<i>400 resin 200 hardener mixed = 201 ± 50</i>	<i>100 : 40</i> <i>100 : 55 (Vol.)</i>	<i>45</i>	<i>cold-curing 24</i>	<i>approx. 65</i>
Epoxydharz L 20 + Härter VE 2723	Schneller Härter für kleine Bauteile und Reparaturen. Vom Luftfahrtbundesamt (LBA) zugelassen für den Flugzeugbau.	hellgelb	900 Harz 1650 Härter gemischt = 750 ± 100	100 : 23 100 : 25 (Vol.)	15	kalthärtend 24	ca. 65
<i>Epoxy resin L 20 + hardener VE 2723</i>	<i>Fast hardener for small components and repairs. Approved by the federal aviation authority LBA for aircraft construction.</i>	<i>light yellow</i>	<i>900 resin 1650 hardener mixed = 750 ± 100</i>	<i>100 : 23</i> <i>100 : 25 (Vol.)</i>	<i>15</i>	<i>cold-curing 24</i>	<i>approx. 65</i>
Epoxydharz L 20 + Härter VE 2778	Dünflüssiger, schneller Härter für kleinere Bauteile und Reparaturen. Gute Festigkeiten auch ohne Temperung.	hellgelb	900 Harz 200 Härter gemischt 420 ± 50	100 : 19 100 : 21 (Vol.)	30	kalthärtend 24	ca. 65
<i>Epoxy resin L 20 + hardener VE 2778</i>	<i>Low-viscosity, fast hardener for smaller components and repairs. Good strength even without annealing.</i>	<i>light</i>	<i>900 resin 200 hardener mixed = 420 ± 50</i>	<i>100 : 19</i> <i>100 : 21 (Vol.)</i>	<i>30</i>	<i>cold-curing 24</i>	<i>approx. 65</i>

Systeme	Eigenschaften	Härter-farbe	Viskosität Harz, Härter (mPa·s)	Mischungs- verhältnis Gewichtsteile	Topfzeit (100g-Ansatz min.bei 20 °C)	Härtung (h)	Wärmebe- lastbarkeit (ca. °C)
Systems	Properties	Hardener colour	Viscosity Resin, hardener (mPa·s)	Mixing ratio parts by weigh	Pot life (100 g, min at 20 °C)	Curing (h)	Heat resis- tance (approx. °C)
Epoxydharz L 20 + Härter H 105/B	Besonders feuchteresistent (Abformungen feuchter Unter- gründe auch bei niedrigen Tem- peraturen ab 5 °C).	hellgelb	700 Harz 2700 Härter gemischt = 890 ± 150	100 : 52 100 : 53 (Vol.)	25	kalthärtend 24	ca. 60
<i>Epoxy resin L 20 + hardener H 105/B</i>	Particularly moisture- resistant (moist bases can also be moulded at temperatures as low as 5 °C).	light yellow	700 resin 2700 hardener mixed = 890 ± 150	100 : 52 100 : 53 (Vol.)	25	cold-curing 24	approx. 60
Epoxydharz L 20 + Härter VE 3261	Hervorragende Faserbenetz- ung , für Bauteile mit hoher sta- tischer und dynamischer Festigkeit und erhöhter Wärmeformbeständigkeit. Kalthärtend , für Luftfahrt- Bauteile zusätzliche Warmhärtung erforderlich. Vom Luftfahrtbundesamt (LBA) zugelassen für den Flug- zeugbau.	hellgelb	700 Harz 200 Härter gemischt = 718 ± 100	100 : 25 100 : 29 (Vol.)	90	24 h bei RT + Temperung 15 h bei min. 60 °C	max. 130-140 (bei zus. Temperung 10 h/100 °C)
<i>Epoxy resin L 20 + hardener VE 3261</i>	Superior fibre wetting properties , for components with high static and dynamic strength and enhanced heat distortion temperature. Cold- curing, additional hot curing needed for aviation components. Approved by the federal aviation authority LBA for aircraft construction	light yellow	700 resin 200 hardener mixed = 718 ± 100	100 : 25 100 : 29 (Vol.)	90	24 h at RT + annealing 15 h at min 60 °C	max. 130-140 (with additional annealing 10 h at 100 °C)
Epoxydharz L 20 + Härter SG	Sehr dünnflüssig , hervorragende Faserbenetzung, hauptsächlich für Wickelanwendungen , hohe statische und dynamische Festigkeit. Entformung erst nach Temperung möglich.	farblos bis gelblich	700 Harz 13 Härter gemischt = 320 ± 50	100 : 24 100 : 30 (Vol.)	120	24 h bei RT + Temperung 15 h bei min. 60 °C	max. 120 (bei zus. Temperung 10 h/100 °C)
<i>Epoxy resin L 20 + hardener SG</i>	Very low viscosity , superior fibre wetting properties, primarily for winding app- lications , high static and dynamic strength. Demoulding not possible until after annealing.	colourless to yellowish	700 resin 13 hardener mixed = 320 ± 50	100 : 24 100 : 30 (Vol.)	120	24 h at RT + annealing 15 h at min 60 °C	max. 120 (with additional annealing 10 h at 100 °C)
Epoxydharz LF + Härter LF 1	Schneller Härter für kleinere Bauteile und Reparaturen. Für Luftfahrt-Bauteile Warmhärtung erforderlich. Vom Luftfahrtbundesamt (LBA) zugelassen für den Flugzeugbau.	blau	600 Harz 300 Härter	100 : 40 100 : 50 (Vol.)	50	24 h bei RT + Temperung 15 h bei min. 60 °C	80 - 100
<i>Epoxy resin LF + hardener LF 1</i>	Fast hardener for smaller components and repairs. Hot curing needed for aviation components. Approved by the federal aviation authority LBA for aircraft construction.	blue	600 resin 300 hardener	100 : 40 100 : 50 (Vol.)	50	24 h at RT + annealing 15 h at min 60 °C	80 - 100

Systeme	Eigenschaften	Härter-farbe	Viskosität	Mischungs-verhältnis	Topfzeit	Härtung	Wärmebe-lastbarkeit
Systems	Properties	Hardener colour	Viscosity	Mixing ratio	Pot life	Curing	Heat resis-tance
			Resin, hardener	parts by weighth	(100g-Ansatz min. bei 20 °C)	(h)	(ca. °C)
			(mPa s)		(100 g, min at 20 °C)	(h)	(approx. °C)
Epoxy-Gießharz kristallklar + Härter kristallklar	Wasserklares Epoxid-Gießharz, weitgehend schwindfrei, klebefrei, glänzende Oberflächen. Verguß bis 5 Liter in einem Arbeitsgang bei rißfreier Aushärtung.	wasserklar	480 Harz 110 Härter	100 : 44 100 : 50 (Vol.)	400	48 - 62	80 - 100
Epoxy cast resin crystal-clear + hardener crystal-clear	<i>Water-clear epoxy cast resin, almost completely free of shrinkage, tack-free, glossy surfaces. Up to five litres can be cast in one working cycle for crack-free curing.</i>	<i>water-clear</i>	<i>480 resin 110 hardener</i>	100 : 44 <i>100 : 50 (Vol.)</i>	<i>400</i>	<i>48 - 62</i>	<i>80 - 100</i>
Epoxyharz C + Härter C	Laminier- und Beschichtungsharz mit hoher Chemikalienbeständigkeit.	hellgelb	7000 Harz 350 Härter	100 : 60 100 : 68 (Vol.)	50	24 h bei RT	ca. 65
Epoxy resin C + hardener C	<i>Laminating and coating resins with high chemical resistance.</i>	<i>light yellow</i>	<i>7000 resin 350 hardener</i>	100 : 60 <i>100 : 68 (Vol.)</i>	<i>50</i>	<i>24 h at RT</i>	<i>approx. 65</i>
Martens-Plus-EP + Härter MP + Beschleuniger	Hochwärmefestes 3-Komponenten-Epoxydharz mit hoher Festigkeit, stufenweise Temperung erforderlich.	gelbbraun	(Misch-viskosität) 2300	100 : 100 : 1,5	(h) 10 - 12	24 h bei RT +Temperung 24 h bei 100 °C + 15 h bei 230 °C	ca. 210 - 230
Martens-Plus-EP + hardener MP + accelerator	High-temperature 3-component epoxy resin with high strength, gradual annealing	<i>yellowy brown</i>	<i>(viscosity of mixture) 2300</i>	<i>100 : 100 : 1,5</i>	<i>(h) 10 - 12</i>	<i>24 h at RT + annealing 24 h at 100 °C + 15 h at 230 °C</i>	<i>approx. 210 - 230</i>



Behindertensport

Sports for the disabled

EPOXYDHARZ L

Beschreibung

- **Dünnflüssig, lösemittel- und füllstofffrei**
- **Schnelle Tränkung von Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern**
- **Hohe statische und dynamische Festigkeit**

R&G Epoxydharz L ist ein Bisphenol A/F-Harz. Bisphenol F verringert die Viskosität und verhindert das Auskristallisieren des Harzes bei niedrigen Lagertemperaturen (unter +5 °C).

Das Harz ist difunktionell reaktivverdünnt und gilt als physiologisch gut verträglich.

Durch die **niedrige Oberflächenspannung** zeigt das System eine gute Füllstoffaufnahme. **Verstärkungsfasern** wie Glas, Aramid und Kohlenstoff werden **sehr gut benetzt**.

Anwendungsgebiet

Faserverbundwerkstoffe (GFK, SFK, CFK) im **Flugzeugbau (UL), Modellbau, Sportgerätebau, Formenbau** und **Motorsport**. Das System **Epoxydharz L/Härter VE 3261** ist vom **Germanischen Lloyd** für den **Bootsbau** zugelassen.

Verarbeitung

Das Harz eignet sich für **alle Verarbeitungsverfahren** wie z.B. Handlaminierten, Wickeln, Gießen und Pressen (auch im Vakuum).

Hochfeste Verklebungen von Metall, Holz, Kunststoffen, Keramik etc. lassen sich ohne Anpreßdruck ausführen.

Die Aushärtung verläuft praktisch schwindfrei.

Die **Härter SF, S, L und VE 3261** sind Formulierungen aus aliphatischen und cycloaliphatischen Aminen. Sie bestimmen die Eigenschaften der Formstoffe.

Härter

Für jeden **Einsatzzweck** kann ein **Härter mit entsprechender Verarbeitungszeit** gewählt werden:

Härter SF, S

Schnelle Härter für kleine Bauteile und Verklebungen.

Härter L

Mittlere Topfzeit von 40 Minuten; Typ L ist der **meistverwendete Härter**.

Härter VE 3261

Für **hitzebeständige Bauteile** bis etwa 140 °C und für Vergüsse bis ca. 10 mm Dicke in einem Arbeitsgang. Kaltanhärtend, Temperung ist für den Einsatz im Flugzeugbau (mit Harz L 20) und im Bootsbau (mit Harz L) erforderlich.

In Verbindung mit Epoxydharz L vom **Germanischen Lloyd** für den **Bootsbau** zugelassen.

Härter LC

Speziell für **Gießanwendungen, sehr lange Topfzeit, geringer Temperaturanstieg**, so daß Gießvolumina bis ca. 1 Liter und 30 mm Dicke ohne Füllstoffe problemlos möglich sind.

Packungsgrößen von 0,2 kg bis 1000 kg
Bestell-Nr. 100 134-X, 100 135-X

2.06

EPOXY RESIN L

Description

- **Low viscosity, free of solvents and fillers**
- **Fast impregnation of glass, aramid, and carbon fibres**
- **High static and dynamic strength**

The R&G epoxy resin L is a bisphenol A/F resin. The bisphenol F component reduces the viscosity and prevents the resin from forming crystals at low storage temperatures (less than +5 °C).

The resin is diluted with a difunctional compound and is generally regarded as having a good physiological tolerance. Owing to its **low surface tension** the system exhibits good filler absorption properties. And it has **excellent wetting properties** with respect to **reinforcing fibres** of glass, aramid, and carbon.



Range of applications

Fibre composites (GRP, SRP, CRP) in **(ultralight) aircraft construction, model construction, design of sports equipment, mould construction, and motor sports**. The system **epoxy resin L + hardener VE 3261** has been approved by **Germanischer Lloyd** for boat building.

Processing

The resin is suitable for **all processing methods**, e.g. hand lay-up operations, winding, casting, and press moulding (also in vacuum).

Metal, wood, plastics, ceramics, etc., can be joined with high-strength bonds without the application of contact pressure.

Curing takes place virtually free of shrinkage.

The **hardeners SF, S, L, and VE 3261** are formulations of aliphatic and cycloaliphatic amines. They define the properties of the moulded materials.

Hardeners

The **hardeners** exhibit different **processing times** so that you can select the one **best suited to your needs**:

Hardener SF, S

Fast hardener for small components and glued bonds.

Hardener L

Medium pot life of forty minutes; type L is the **most commonly used hardener**.

Hardener VE 3261

This is ideal for **heatproof components** up to about 140 °C and for casts up to 10 mm thick in one working cycle. Cold-curing, annealing needed before applications in aircraft construction (with resin L 20) or in boat building (with resin L).

In conjunction with epoxy resin L, approved by **Germanischer Lloyd** for boat building.

Hardener LC

Specifically for **casting applications, very long pot life, low rise in temperature** so that cast volumes up to approx. 1 litre and 30 mm thickness can be easily manufactured without fillers.

Packaging sizes from 0.2 kg to 1000 kg
Order no. 100 134-X, 100 135-X

Daten

Specifications

Epoxydharz L <i>Epoxy resin L</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	–	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	–	gelblich <i>yellowish</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,15
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25 °C	700
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,56
Epoxydäquivalent <i>Epoxy equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	179
Chlorgehalt gesamt <i>Chlorine content, total</i>	%	< 1
Chlorgehalt hydrolysierbar <i>Chlorine content, hydrolysable</i>	ppm	< 5000
Dampfdruck <i>Vapour pressure</i>	mbar/25 °C	< 1
Brechungsindex <i>Refractive index</i>	n _D 25	1,547
Flammpunkt (DIN 51584) <i>Flash point (DIN 51584)</i>	°C	> 120
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	3 - 6

HÄRTER SF

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L
- Verarbeitungszeit 15 Minuten

Anwendungsgebiet

Schneller Aminhärter für **kleinere Bauteile, Verklebungen und Reparaturen**. Kurze Verarbeitungs- und Aushärtezeit. Bei hoher Luftfeuchtigkeit kann die Oberfläche einen schwachen Schmierfilm zurückbehalten.

Laminatdicken

Aufgrund der hohen Reaktivität und der daraus resultierenden Reaktionswärme dürfen in einem Arbeitsgang nur max. 3 mm dicke Laminat hergestellt werden.

Packungsgrößen von 0,04 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 100 137-X, 100 138-X

HARDENER SF

Description

- Hardener for epoxy resin L
- Processing time 15 minutes

Range of applications

Fast amine hardener for **smaller components, glued joints, and repairs**. Short processing and curing times. With high air humidity, the surface can retain a thin film of grease.

Laminate thickness

Owing to the high reactivity and the resulting reaction heat, laminates may not be manufactured with a thickness exceeding 3 mm in one working cycle.

Packaging sizes from 0.04 kg to 200 kg
Order no. 100 137-X, 100 138-X





HÄRTER S

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L
- Verarbeitungszeit 20 Minuten

Anwendungsgebiet

Modifizierter cycloaliphatischer Polyaminhärter für **kleine Lamine, Verklebungen und Reparaturen**. Gute statische und dynamische Festigkeit. Schnelle Durchhärtung auch in dünnsten Schichten.

Laminatdicken

Aufgrund der hohen Reaktivität und der daraus resultierenden Reaktionswärme dürfen in einem Arbeitsgang nur max. 5 mm dicke Lamine hergestellt werden.

Packungsgrößen von 0,285 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 100 139-X, 100 140-X

HARDENER S

Description

- Hardener for epoxy resin L
- Processing time 20 minutes

Range of applications

Modified cycloaliphatic polyamine hardener for **small laminates, glued joints, and repairs**. Good static and dynamic strength. Fast curing in the thinnest layers as well.

Laminate thickness

Owing to the high reactivity and the resulting reaction heat, laminates may not be manufactured with a thickness exceeding 5 mm in one working cycle.

Packaging sizes from 0.285 kg to 200 kg
Order no. 100 139-X, 100 140-X



HÄRTER L

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L
- Verarbeitungszeit 40 Minuten

Anwendungsgebiet

Modifizierter cycloaliphatischer Polyaminhärter für **größere Lamine, Verklebungen und zum Formenbau**. Gute statische und dynamische Festigkeit, schnelle Durchhärtung auch in dünnsten Schichten.

Laminatdicken

Härter L ist der meistverwendete Härter für Epoxydharz L.

Aufgrund der hohen Reaktivität und der daraus resultierenden Reaktionswärme dürfen in einem Arbeitsgang nur max. 8 mm dicke Lamine hergestellt werden.

Packungsgrößen von 0,04 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 100 144-X, 100 145-X

HARDENER L

Description

- Hardener for epoxy resin L
- Processing time 40 minutes

Range of applications

Modified cycloaliphatic polyamine hardener for **larger laminates, glued joints, and mould construction**. Good static and dynamic strength, fast curing in the thinnest layers as well.

Laminate thickness

Hardener L is the most frequently used hardener for epoxy resin L.

Owing to the high reactivity and the resulting reaction heat, laminates may not be manufactured with a thickness exceeding 8 mm in one working cycle.

Packaging sizes from 0.04 kg to 200 kg
Order no. 100 144-X, 100 145-X



HÄRTER VE 3261

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L und L 20
- Verarbeitungszeit 90 Minuten
- LBA-zugelassen für den Flugzeugbau mit Epoxydharz L 20
- GL-zugelassen für den Bootsbau mit Epoxydharz L

Anwendungsgebiet

Für **warmfeste Laminate bis max. 140 °C** in Verbindung mit Epoxydharz L und L 20.

Epoxydharz L mit Härter VE 3261 ist kaltanhärtend. Bauteile daraus härten bei Raumtemperatur gut an und sind ohne Schwierigkeiten entformbar und bearbeitbar. Das System ist sehr dünnflüssig und besitzt eine **hervorragende Tränkfähigkeit von Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern**.

Die statische und dynamische Festigkeit ist sehr gut.



HARDENER VE 3261

Description

- Hardener for epoxy resin L and L 20
- Processing time 90 minutes
- Approved by the federal aviation authority LBA for aircraft construction with epoxy resin L 20
- Approved by Germanischer Lloyd for boat building with epoxy resin L

Range of applications

For **heatproof laminates up to max 140 °C** in conjunction with epoxy resin L or L 20.

Epoxy resin L with hardener VE 3261 is cold-curing. Components made of this cure well at room temperature and can be demoulded and machined without difficulty. The system has a very low viscosity and exhibits **superior impregnating properties with respect to glass, aramid, and carbon fibres**.

The static and dynamic strength is very good.

Warmhärtung

Um die Wärmeformbeständigkeit zu erhöhen und optimale Festigkeitswerte zu erzielen, werden die Bauteile bei erhöhter Temperatur nachgehärtet. Als Standardwert empfiehlt sich eine Temperung von 10 Stunden bei ca. 60 °C. Der Tg-Vorlauf beträgt ca. 30 °C. Dies bedeutet:

Hot curing

The heat distortion temperature can be enhanced and the mechanical properties optimised when the components are subjected to post-curing treatment at an increased temperature. One recommended method, now standard, is annealing for ten hours at about 60 °C. The difference between the curing and heat distortion temperature is about 30 °C. The following table illustrates the relationships.

Härtungstemperatur (10h) Curing temperature (10h)	ca. Wärmeformbeständigkeit Approx. heat distortion temperature
60 °C	90 °C
70 °C	100 °C
80 °C	110 °C
90 °C	120 °C
100 °C	130 °C
110 °C	130 - 140 °C
120 °C	130 - 140 °C
130 °C	130 - 140 °C

Bei einer **Härtungstemperatur von 110 °C** wird die maximale **Wärmeformbeständigkeit von 130 - 140 °C** erreicht.

The maximum **heat distortion temperature of 130 - 140 °C** is obtained with a **curing temperature of 110 °C**.

Packungsgrößen von 0,125 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 112 123-X bis 112 125-X

Packaging sizes from 0.125 kg to 200 kg
Order no. 112 123-X to 112 125-X



HÄRTER LC

Beschreibung

- Härter für Gießanwendungen in Verbindung mit Epoxydharz L und L 20
- Verarbeitungszeit 6 - 8 Stunden

Anwendungsgebiet

Härter LC ist speziell für **Gießanwendungen** geeignet. Er besitzt eine **sehr lange Topfzeit** und einen **geringen Temperaturanstieg**, so daß Gießvolumina bis ca. 1 Liter und 30 mm Dicke problemlos möglich sind. Durch Zugabe von **Füllstoffen** wie z.B. Glasfasern, Glass-Bubbles, Quarzsand, Holzmehl etc. läßt sich das in einem Arbeitsgang mögliche Gießvolumen nochmals erhöhen.

Härtung

Entsprechend der langen Verarbeitungszeit von ca. 6-8 Stunden ist auch die Aushärtezeit relativ lang: je nach Gießdicke zwischen 24 Stunden und 7 Tagen.

Gießdicken

Gießvolumen Epoxydharz L + Härter LC
Cast volume epoxy resin L + hardener LC

100 g-Ansatz ohne Füllstoffe
100 g w/o fillers

1,5 kg-Ansatz ohne Füllstoffe
1.5 kg w/o fillers

1 kg-Mischung mit 3 kg Quarzsand (ergibt das 2,5-fache Volumen des reinen Harzansatzes)
1 kg mixture with 3 kg quartz sand (yields 2.5 times the volume of the pure resin quantity)

HARDENER LC

Description

- Hardener for casting applications in conjunction with epoxy resin L and L 20
- Processing time 6 - 8 hours

Range of applications

Hardener LC is intended specifically for **casting applications**. It exhibits a **very long pot life** and a **low rise in temperature** so that cast volumes up to approx. 1 litre and 30 mm thickness are possible without problems. **Fillers**, e.g. glass fibres, glass bubbles, quartz sand, wood flour, etc., can be added to increase the possible cast volumes even further in one working cycle.

Curing

Corresponding to the long processing time of about six to eight hours, the curing time also is relatively long and, depending on the cast thickness, can range from twenty-four hours to seven days.



Cast thicknesses

Temperaturanstieg
Rise in temperature

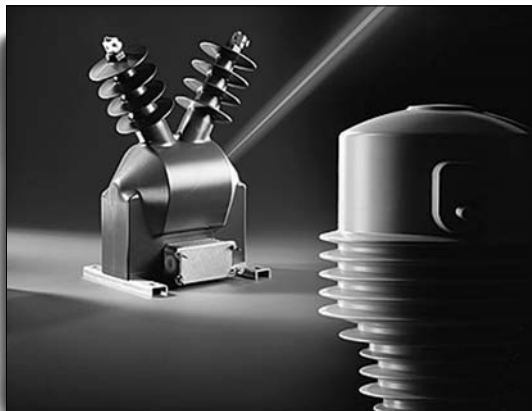
ca. 30 - 40 °C
approx. 30 - 40 °C

> 100 °C (rißfreie Härtung)
 > 100 °C (curing free of cracks)

ca. 50 °C
approx. 50 °C

Packungsgrößen von 0,4 kg bis 200 kg
 Bestell-Nr. 112 131-X

Packaging sizes from 0.4 kg to 200 kg
 Order no. 112 131-X



Gießanwendungen für langsamhärtende Epoxydharzsysteme



Casting applications for slow-curing epoxy resin systems

2.10

Allgemeine Daten der Härter für Epoxydharz L <i>General specifications of hardeners for epoxy resin L</i>	Einheit <i>Unit</i>	Härter SF <i>Hardener SF</i>	Härter S <i>Hardener S</i>	Härter L <i>Hardener L</i>	Härter VE 3261 <i>Hardener VE 3261</i>	Härter LC <i>Hardener LC</i>
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung <i>Processing time for 100 g mixture</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	15	20	40	90	8 h
Mischungsverhältnis auf 100 Gewichtsteile Epoxydharz L <i>Mixing ratio on 100 parts by weight of epoxy resin L</i>	Gewicht (g) <i>Weight (g)</i>	20	40	40	25	55
Aushärtezeit (Laminat 1 mm) <i>Curing time (1 mm laminate)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	12	24	24	24 + 10 h bei/at 60 °C	nur für Gießanwendungen, Härtung je nach Schichtstärke 24 h bis 7 Tage <i>for casting applications only, curing 24 h to 7 days depending on coat thickness</i>
Wärmebelastbarkeit von Bauteilen <i>Heat resistance of components</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	80	65	65	130 - 140	50
Lieferform <i>Delivered state</i>	--	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	--	rötlich-braun <i>reddish brown</i>	hellgelb <i>light yellow</i>	hellgelb <i>light yellow</i>	hellgelb <i>light yellow</i>	bräunlich <i>brownish</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,06	1,02	1,01	1,0	0,95
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa s/25 °C	1200	370	320	200	300
Aminäquivalent (Mittelwert) <i>Amine equivalent (mean value)</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	37	71	71	44,5	100
Brechungsindex <i>Refractive index</i>	n _D 25	1,542	1,530	1,521	--	1,503
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12	12	12	12	12

Daten des unverstärkten gehärteten Harzes (Härtung 7 Tage bei RT) <i>Specifications of unreinforced, cured resin (curing 7 days at RT)</i>	Einheit <i>Unit</i>	Vorgaben Luftfahrtnorm <i>Aircraft standard specifications</i>	EP-Harz L + Härter SF <i>EP resin L + hardener SF</i>	EP-Harz L + Härter S <i>EP resin L + hardener S</i>	EP-Harz L + Härter L <i>EP resin L + hardener L</i>	EP-Harz L + Härter VE 3261¹⁾ <i>EP resin L + hardener VE 3261¹⁾</i>	EP-Harz L + Härter LC <i>EP resin L + hardener LC</i>
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	90	110	98	98	112	44
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	55	65	63	62	70	30
Bruchdehnung <i>Elongation at break</i>	%	--	--	4,5	4,5	7	--
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	120	115	115	118	123	53
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	kJ/m ²	--	18	25	25	16,5	30
E-Modul Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	2,8 · 10 ³	2,3 · 10 ³	2,8 · 10 ³	2,8 · 10 ³	2,66 · 10 ³	1,1 · 10 ³
E-Modul Zugversuch <i>Tensile modulus</i>	MPa	--	--	--	2,65 · 10 ³	2,92 · 10 ³	--
HDT <i>HDT</i>	°C	--	--	--	65	91,9	--
Wasseraufnahme <i>Water absorption</i>	Gew.-% <i>% by weight</i>	--	--	--	0,166 (24 h, 23 °C) 0,433 (168 h, 23 °C)	0,148 (24 h, 23 °C) 0,368 (168 h, 23 °C)	--

¹⁾ Werte nach Härtung von 7 Tagen bei Raumtemperatur + 15 h bei 60 °C

²⁾ Values based on curing of 7 days at room temperature + 15 h at 60 °C



Daten des verstärkten Harzes (Härtung 7 Tage bei RT) <i>Specifications of reinforced resin (curing 7 days at RT)</i>	Einheit <i>Unit</i>	Vorgaben der Luftfahrtnorm <i>Aircraft standard specifications</i>	Epoxydharz L + Härter SF <i>Epoxy resin L + hardener SF</i>	Epoxydharz L + Härter S <i>Epoxy resin L + hardener S</i>	Epoxydharz L + Härter L <i>Epoxy resin L + hardener L</i>	Epoxydharz L + Härter VE 3261 ¹⁾ <i>Epoxy resin L + hardener VE 3261¹⁾</i>
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	400	450	510	509	485
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	350	350	450	440	-
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	270	380	390	326	380
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	kJ/m ²	-	-	238	223	-
E-Modul Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	1,75 · 10 ⁴	2,4 · 10 ⁴	2,7 · 10 ⁴	2,7 · 10 ⁴	2,2 · 10 ⁴
Interlaminare Scherfestigkeit <i>Interlaminar shear strength</i>	MPa	28	-	37	39	44

Probekörper 4 mm-Platten aus 15 Lagen Interglas 91745, US Style 181, 286 g/m² Atlasbindung
Test specimens 4 mm panels of 15-ply Interglas 91745, US style 181, 286 g/m², satin weave

¹⁾ Werte nach Härtung von 7 Tagen bei Raumtemperatur + 15 h bei 60 °C
¹⁾ *Values based on curing of 7 days at room temperature + 15 h at 60 °C*



Der Sportgerätebau ist eine der Hauptanwendungen für das R & G Epoxydharz L



R & G epoxy resin L is used predominantly in the design of sports equipment

2.12



EPOXYDHARZ L 1000

STANDARD-LAMINIER- UND KLEBEHARZ

Beschreibung

- Dünnflüssig, lösemittel- und füllstofffrei
- Topfzeit von 20 Minuten bis 10 Stunden einstellbar
- Schnelle Tränkung von Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern
- Hohe statische und dynamische Festigkeit
- Zugelassen vom Germanischen Lloyd (Windkraftflügel)

Mit dem Laminierharz L 1000 steht ein neuentwickeltes Epoxydharzsystem zur Verfügung, das ein besonders **günstiges Preis-Leistungsverhältnis** aufweist. Durch Kombination der beliebig miteinander mischbaren **Härter VE 5194/H (langsam)** und **VE 51495/H (schnell)** kann die Reaktivität des Harzsystems unterschiedlichsten Anforderungen an die Verarbeitungszeit angepasst werden. Das Mischungsverhältnis Harz zu Härter bleibt dabei stets konstant bei 100 : 30 Gewichtsteile.

Anwendungsgebiet

Faserverbundwerkstoffe (GFK, SFK, CFK) im **Flugzeugbau (UL), Modellbau, Sportgerätebau, Formenbau und Motorsport**. Das Harz besitzt **hervorragende Tränkeigenschaften gegenüber Glas-, Kohlenstoff- und Aramidfasern** und ergeben **hochbelastbare Bauteile mit sehr guten dynamischen Festigkeiten und Ermüdungseigenschaften**. Beide Harze/Härterssysteme (L 1000 + VE 5194/H sowie L 1000 + VE 5195/H) haben eine **Zulassung vom Germanischen Lloyd** für die Herstellung hochbelasteter Windkraftflügel.

Verarbeitung

Das Harz eignet sich für **alle Verarbeitungsverfahren** wie z.B. Handlaminieren, Wickeln, Gießen und Pressen (auch im Vakuum).

Harz und Härter werden im **Mischungsverhältnis 100 : 30** Gewichtsteile angemischt. Es ergeben sich dabei folgende Verarbeitungszeiten (gemessen an 100 g-Ansätzen):

- L 1000 - VE 5195/H = **18 - 22 Minuten**
- L 1000 - VE 5194/H = **500 - 600 Minuten**

Durch **Abmischen der Härter** kann die **Verarbeitungszeit** beliebig von ca. 20 Minuten bis ca. 10 Stunden **eingestellt** werden. Am Mischungsverhältnis ändert sich dabei nichts.

Lagerung

In geschlossenen Gebinden bei 20 - 25 °C sind Harz und Härter min. 1 Jahr lagerfähig.

Packungsgrößen von 0,5 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 103 100-X

EPOXY RESIN L 1000

STANDARD LAMINATING AND ADHESIVE RESIN

Description

- *Low viscosity, free of solvents and fillers*
- *Pot life can be varied from twenty minutes to ten hours*
- *Fast impregnation of glass, aramid, and carbon fibres*
- *High static and dynamic strength*
- *Approved by Germanischer Lloyd (wind turbine blades)*

*The laminating resin L 1000 not only presents an innovative epoxy resin system, but is also characterised by a particularly **impressive price-performance ratio**. The **hardeners VE 5194/H (slow)** and **VE 51495/H (fast)** can be mixed in any combination serving to adapt the resin system's reactivity to the most diverse demands placed on the processing time. The mixing ratio of resin to hardener nevertheless remains constant at 100:30 parts by weight.*

Range of applications

*Fibre composites (GRP, SRP, CRP) in **(ultralight) aircraft construction, model construction, design of sports equipment, mould construction, and motor sports**. The resin exhibits **superior impregnating properties with respect to glass, carbon, and aramid fibres** and gives rise to **high-strength components with excellent dynamic strengths and fatigue properties**. Both resin and hardener systems (L 1000 + VE 5194/H and L 1000 + VE 5196/H) have been **approved by Germanischer Lloyd** for the manufacture of high-strength wind turbine blades.*

Processing

*The resin is suitable for **all processing methods**, e.g. hand lay-up operations, winding, casting, and press moulding (also in vacuum).*

*The resin and hardener are **mixed in the ratio 100:30** parts by weight. This gives rise to the following processing times (based on 100 g):*

- L 1000 + VE 5195/H = **18 - 22 minutes**
- L 1000 + VE 5194/H = **500 - 600 minutes**

***Mixing the hardeners with each other can modify the processing time** from anywhere between about twenty minutes and ten hours. The mixing ratio itself remains unchanged.*

Storage

In sealed canisters at 20 - 25 °C the resin and hardeners can be stored for at least one year.

*Packaging sizes from 0.5 kg to 200 kg
Order no. 103 100-X*





Daten

Specifications

Epoxydharz L 1000 <i>Epoxy resin L 1000</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	gelblich <i>yellowish</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,15
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25 °C	1200
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,52
Epoxydäquivalent <i>Epoxy equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	192
Lagerung (verschlossen, bei 20 - 25 °C) <i>Storage (sealed at 20 - 25 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12

Härter

Hardener

Eigenschaften <i>Properties</i>	Einheit <i>Unit</i>	VE 5194/H	VE 5195/H
Viskosität bei 25 °C <i>Viscosity at 25 °C</i>	mPa·s	60 ± 20	30 ± 5
Aminäquivalent <i>Amine equivalent</i>	g/Äquiv. <i>g/Equiv.</i>	56 ± 2	55 ± 2
Dichte bei 20 °C <i>Density at 20 °C</i>	g/cm ³	0,934 ± 0,02	0,974 ± 0,02
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>			
auf 100 Gewichtsteile L 1000 <i>at 100 parts per weight L 1000</i>		30	30

Härtung

Curing

L 1000 - VE 5194/H: Anhärtung: 10 - 15 h RT oder 3 h 50 - 60 °C
Nachhärtung: 10 h 70 °C

L 1000 - VE 5194/H: Preliminary curing: 10 - 15 h RT or 3 h 50 - 60 °C
Post-curing: 10 h 70 °C

L 1000 - VE 5195/H: Anhärtung: ca. 10 h RT
Nachhärtung: ca. 15 h 50 - 80 °C

L 1000 - VE 5195/H: Preliminary curing: ca. 10 h RT
Post-curing: ca. 15 h 50 - 80 °C

Beide Systeme erzielen bereits bei Raumtemperatur sehr gute Festigkeitswerte.

Both systems develop good mechanical properties at room temperature.



Eigenschaften des unverstärkten Formstoffes

Properties of the unreinforced mould material

Die Werte wurden an 4 mm Reinharzplatten gemessen

The following values were measured on 4 mm pure resin panels

Harzsystem L 1000 - VE 5194/H

Resin system L 1000 - VE 5194/H

Eigenschaften <i>Properties</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>	Norm <i>Standards</i>
Härtung <i>Curing</i>	15 h Raumtemperatur + 2 h 60 °C + 2 h 70 °C <i>15 h room temperature + 2 h 60 °C + 2 h 70 °C</i>		
Dichte 20 °C <i>Density at 20 °C</i>	g/cm ³	1,135	DIN 53479
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	65,4	DIN 53455
Bruchdehnung (Zug) <i>Elongation at break (tensile)</i>	%	9,0	DIN 53455
E-Modul (Zug) <i>Tensile modulus</i>	MPa	3160	DIN 53457
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	110	DIN 53452
E-Modul (Biegung) <i>Flexural modulus</i>	MPa	2.730	DIN 53457
Barcol - Härte <i>Barcol - hardness</i>		28 ± 2	
Tg, (TMA) <i>Tg, (TMA)</i>	°C	80	
Wasseraufnahme Gew. % <i>Water absorption % by weight</i>	24 h, 23 °C 168 h, 23 °C	0,13 0,34	DIN 53495
Verfahren 1 L <i>Procedure 1 L</i>			

HARZSYSTEM L 1000 – VE 5195/H

Resin system L 1000 – VE 5195/H

Eigenschaften <i>Properties</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>	Norm <i>Standards</i>
Härtung <i>Curing</i>	15 h Raumtemperatur + 2 h 60°C + 2 h 70°C <i>15 h room temperature + 2 h 60°C + 2 h 70°C</i>		
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	72,3	DIN 53455
Bruchdehnung (Zug) <i>Elongation at break (tensile)</i>	%	4,0	DIN 53455
E-Modul (Zug) <i>Tensile modulus</i>	MPa	3779	DIN 53457
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	109	DIN 53452
E-Modul (Biegung) <i>Flexural modulus</i>	MPa	3120	DIN 53457
Barcol - Härte <i>Barcol - hardness</i>		28 ± 2	
Tg, (TMA) <i>Tg, (TMA)</i>	°C	83	

2.16

Eigenschaften des verstärkten Formstoffes

Die Werte wurden an 2 mm Platten (8 Lagen Gewebe 181 / Interglas 91745) gemessen, die 15 h bei RT angehärtet und anschließend bei a) 10 h - 70 °C und b) 10 h - 80 °C getempert wurden.

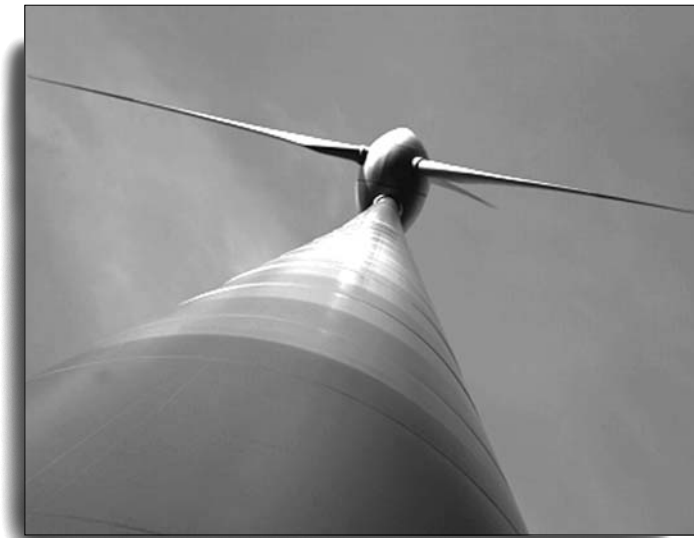
Properties of the reinforced mould material

The following values were measured on 2 mm panels (8 layers of fabric 181 / Interglass 91745) that were initially cured for fifteen hours at room temperature and then annealed for a) ten hours at 70 °C and b) ten hours at 80 °C.

L 1000 – VE 5194/H

L 1000 – VE 5194/H

Eigenschaften Properties	Einheit Unit	Wert Value	a)	b)
Härtung Curing			10 h 70 °C	10 h 80 °C
Biegefestigkeit Flexural strength	MPa	445		488
E-Modul (aus Biegeversuch) Modulus of elasticity (flexural modulus)	MPa	22.600		18.000
ILS ILS	MPa	35		36
Tg (TMA) Tg (TMA)	°C	80		88



Einsatzgebiet für L 1000/Härter VE 5194/H (langsam):
Große Bauteile wie zB. Windkraftflügel, Formen und Bootsrümpfe

Applications for L 1000/hardener VE 5194 H (slow-curing): large components,
e.g. wind turbine blades, mould, and hulls



L 1000 – VE 3261/H

L 1000 – VE 3261/H

Daten

Specifications

Eigenschaften <i>Properties</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert L 1000 <i>Value L 1000</i>	Wert VE 3261/H <i>Value VE 3261/H</i>
Viskosität bei 25 °C <i>Viscosity at 25 °C</i>	mPa·s	1200 ± 200	200 ± 50
Epoxydwert <i>Epoxyd value</i>	g/Äquiv. <i>g/Equiv.</i>	0,52	
Aminäquivalent <i>Amin equivalent</i>	g/Äquiv. <i>g/Equiv.</i>		44,5
Dichte bei 20 °C g/cm ³ <i>Density at 20 °C g/cm³</i>		1,15 ± 0,01	0,97 ± 0,01

Anwendung

Mit der Kombination L 1000 und Härter VE 3261/H steht ein niedrigviskoses Laminierharz zur Verfügung, das hervorragende Tränk- und Benetzungseigenschaften gegenüber Glas-, Kohlenstoff- und Aramid-Fasern besitzt. L 1000 ergibt mit dem Härter VE 3261/H sehr gute **mechanisch-dynamische Festigkeiten**, eine lange Gebrauchsdauer und führt sowohl bei dicken (> 2 cm) wie auch bei dünnen (1,5 mm) Laminaten zur einwandfreien Durchhärtung.
Nach Anhärtung bei Raumtemperatur, sollte eine Temperung erfolgen (siehe Härtung).
Einsatzgebiete: z.B. Bootsbau, UL-Flugzeugbau, Modellbau

Application

Combining L 1000 and the hardener VE 3261/H yields a low-viscosity laminating resin exhibiting superior impregnating and wetting properties with respect to glass, carbon, and aramid fibres. L 1000 with the hardener VE 3261/H gives rise to very high **dynamic mechanical strengths**, a long service life, and perfect curing in both thick (> 2 cm) and thin (1.5 mm) laminates.
After preliminary curing at room temperature, the compound should be annealed (see the section on curing).
Fields of application include boat building, ultralight aircraft construction, model construction, etc.

Verarbeitung

Mischungsverhältnis:

Rütapox® L 1000 100 Gewichtsteile
Rütadur® VE 3261/H 23 Gewichtsteile

Gebrauchsdauer bei 20 - 25 °C: 90 - 100 Minuten

Processing

Mixing ratio:

Rütapox® L 1000 100 parts by weight
Rütadur® VE 3261/H 23 parts by weight

Service life at 20 - 25 °C: 90 - 100 minutes

Härtung

In Abhängigkeit von den Produktionsbedingungen kann die Härtung der Bauteile bei verschiedenen Temperaturen und Zeiten erfolgen:

- a) 8 - 10 Stunden Raumtemperatur + 8 - 10 Stunden 60 °C
- b) Um die Aushärtungszeit zu verkürzen:
3 Stunden 30 - 40 °C + 8 - 10 Stunden 60 °C
- c) Für eine wesentlich gesteigerte Wärmeformbeständigkeit (T_g ca. 125 °C):
Anhärtung wie bei a oder b + Temperung 6 - 10 Stunden bis 120 °C mit einer Temperatursteigerung von 10 - 20 °C/h.

Curing

The temperatures and times components need to cure depend on the production conditions:

- a) 8-10 hours at room temperature + 8-10 hours at 60 °C
- b) for reduced curing times: 3 hours at 30-40 °C + 8-10 hours at 60 °C
- c) for an essentially enhanced heat distortion temperature (T_g approx. 125°C):
preliminary curing a) or b) + annealing for 6-10 hours at 120 °C with a temperature gradient of 10-20 °C/hr.

Lagerfähigkeit

In geschlossenen Gebinden bei 20 - 25 °C jeweils 12 Monate.

Shelf life

Twelve months each in sealed packaging at 20-25 °C.

Eigenschaften des verstärkten Formstoffes

Die Werte wurden an 4 mm Platten (16 Lagen Gewebe 181/Interglas 91745) gemessen.

Härtung: 6h bei 60 °C + 4h bei 130 °C

Eigenschaften <i>Properties</i>	Einheit <i>Unit</i>	L1000 - VE 3261/H
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	450
ILS bei RT <i>ILS at RT</i>	MPa	34
ILS bei 70 °C <i>ILS at 70 °C</i>	MPa	31
Tg °C <i>Tg °C</i>		125

Properties of the reinforced moulded material

The following values were measured on 4 mm panels (16 layers of fabric 181 / Interglass 91745).

Curing: 6 hours at 60 °C + 4 hours at 130 °C.

Topfzeiten des L 1000 Systems mit Härter VE 5194/H (langsam) und VE 5195/H (schnell) in abgemischter Form.

Pot lives of the L 1000 system with hardener VE 5194/H (slow) and VE 5195/H (fast) in mixed form.

Mischungsverhältnis L 1000 zu den Härtermischungen immer 100 : 30 Gewichtsteile.

The mixing ratio of L 1000 and the hardeners is always 100 : 30 parts by weight.

Anteil VE 5194/H (langsam) in % <i>Parts of VE 5194/H (slow) in %</i>	Anteil VE 5195/H (schnell) in % <i>Parts of VE 5195/H (fast) in %</i>	Verarbeitungszeit in Minuten gemessen an 100 g-Ansätzen bei 25 °C <i>Processing time of a 100 g mixture at 25 °C</i>
0	100	15
10	90	18
20	80	21
30	70	30
40	60	35
50	50	40
60	40	60
70	30	90
80	20	150
90	10	250
100	0	500

EPOXYDHARZ HT 2

HOCHTRANSPARENTES LAMINIERHARZ

Beschreibung

- Hochtransparent, fast wasserklar
- Weitgehend UV-stabil
- Klebfreie Härtung auch dünnster Schichten

Epoxydharz HT 2 ist ein **hochtransparentes**, sehr dünnflüssiges Laminierharz auf Basis von Bisphenol A/F. Bisphenol F verringert die Viskosität und verhindert das Auskristallisieren des Harzes bei niedrigen Temperaturen (unter + 5 °C).

Epoxydharz HT 2 ist difunktionell reaktivverdünnt, lösemittel- und füllstofffrei.

Das System ist **hochtransparent** und ergibt mit **gefinishten Glasgeweben (Interglas)** **hochtransparente Lamine mit guter Lichtechtheit**.

Durch die niedrige Oberflächenspannung zeigt das System eine gute Füllstoffaufnahme. Verstärkungsfasern wie Glas, Aramid und Kohlenstoff werden sehr gut benetzt.

Packungsgrößen von 1 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 105 100-X, 105 105-X, 105 110-X

Anwendungsgebiet

Hochtransparente, wasserbeständige Lamine, vor allem für Surfboards, Snowboards, Bootsbeschichtungen, Aquaristik, Lichtkuppeln, Solarzellenbeschichtung, Fußbodenbeschichtung.

Das Harz eignet sich für alle Verarbeitungsverfahren wie z.B. Handlaminieren, Wickeln und Pressen (auch im Vakuum).

Hochfeste Verklebungen von Metall, Holz, Kunststoffen, Keramik etc. lassen sich ohne Anpreßdruck ausführen. Die Aushärtung verläuft praktisch schwindfrei.

Härter

Für eine optimale Lichtechtheit steht der Härter HT 2 zur Verfügung. Es handelt sich um ein cycloaliphatisches Amin, das bei Raumtemperatur eingesetzt wird. Eine zusätzliche Warmhärtung von 10 Stunden bei 50 °C zur Verbesserung der mechanischen und thermischen Eigenschaften ist, wie bei allen kalthärtenden Epoxydharzsystemen, möglich.

EPOXY RESIN HT 2

HIGHLY TRANSPARENT LAMINATING RESIN

Description

- Highly transparent, almost water-clear
- High degree of UV stability
- Also the thinnest coats cure tack-free

Epoxy resin HT 2 is a **highly transparent** laminating resin of very low viscosity based on bisphenol A/F. The bisphenol F component reduces the viscosity and prevents the resin from forming crystals at low storage temperatures (less than + 5 °C).

Epoxy resin HT 2 is diluted with a difunctional reactive compound and is free of solvents and fillers.

The system is highly transparent and yields in conjunction with **finished glass fabrics (Interglas)** **highly transparent laminates with good light fastness**.

Owing to its low surface tension the system exhibits good filler absorption properties. And it has excellent wetting properties with respect to reinforcing fibres of glass, aramid, and carbon.

Packaging sizes from 0.1 kg to 200 kg
Order no. 105 100-X, 105 105-X, 105 110-X

Range of applications

Highly transparent, water-resistant laminates, above all for surfboards, snowboards, boat linings, aquarium accessories, light domes, solar cell coatings, floor finishes.

The resin is suitable for all processing methods, e.g. hand lay-up operations, winding, and press moulding (also in vacuum).

Metal, wood, plastics, ceramics, etc., can be joined with high-strength bonds without the application of contact pressure. Curing takes place virtually free of shrinkage.

Hardeners

The optimal light fastness is provided by the hardener HT 2. This is a cycloaliphatic amine that is used at room temperature. As with all cold-curing epoxy resin systems, it is also possible to apply additional hot curing at 50 °C for ten hours to enhance the mechanical and thermal properties.



Foto: Interglas

Daten
Specifications

Epoxydharz HT 2 <i>Epoxy resin HT 2</i>	Einheit <i>Unit</i>	Epoxydharz HT 2 <i>Epoxy resin HT 2</i>	Härter HT 2 <i>Hardener HT 2</i>
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung <i>Processing time for 100 g mixture</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	45	45
Mischungsverhältnis auf 100 Gewichtsteile Epoxydharz HT 2 <i>Mixing ratio on 100 parts by weight of epoxy resin HT 2</i>	Gewicht (g) <i>Weight (g)</i>	48	48
Aushärtezeit (Laminat 1 mm) <i>Curing time (1 mm laminate)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	24	24
Wärmebelastbarkeit von Bauteilen <i>Heat resistance of components</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	65	65
Lieferform <i>Delivered state</i>	-	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	-	fast wasserklar <i>almost water-clear</i>	fast wasserklar <i>almost water-clear</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,14	1,0
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa s/25 °C	400	200
Epoxydwert <i>Epoxy equivalent</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,6	-
Aminäquivalent <i>Amine equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	-	80
Brechungsindex <i>Refractive index</i>	n _D 25	1,543	1,520
Flammpunkt DIN 51584 <i>Flash point DIN 51584</i>	°C	> 120	> 120
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12	12

**Daten der unverstärkten,
gehärteten Harzmassen**
**Specifications of the unreinforced,
cured resin compounds**

Epoxydharz HT 2 + Härter HT 2 <i>Epoxy resin HT 2 + hardener HT 2</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	100
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	71
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	kJ/m ²	27
E-Modul Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	3,0 · 10 ⁹
Glasübergangstemperatur T _g <i>Glass transition temperature T_g</i>	°C	60



EPOXYDHARZ L 20

LAMINIERHARZ FÜR DEN FLUGZEUGBAU

Beschreibung

- Dünnflüssig, lösmittel- und füllstofffrei
- Zugelassen für den Bau von Segel- und Motorflugzeugen
- Höchste statische und dynamische Festigkeit

Das Laminierharz L 20 ist neben dem Epoxydharz L und L 1000 das wichtigste Harzsystem im R&G-Lieferprogramm. Es eignet sich zur Herstellung besonders leistungsfähiger, faserverstärkter Bauteile und Konstruktionen in Verbindung mit Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern.

Anwendungsgebiet

Das Anwendungsgebiet erstreckt sich auf die Bereiche Satellitentechnik, Raum- und Luftfahrt, Automobil- und Schiffbau sowie in den sehr anforderungsspezifischen Bereich der Hochleistungssportgeräte, so auch den Modellbau. Ein besonderer Schwerpunkt ist die Produktion von Segelflugzeugen.

Verarbeitung

Das Harz eignet sich für **alle Verarbeitungsverfahren** wie z.B. Handlaminieren, Wickeln und Pressen (auch im Vakuum). Hochfeste Verklebungen von Metall, Holz, Kunststoffen, Keramik etc. lassen sich ohne Anpreßdruck ausführen. Die Aushärtung verläuft praktisch schwindfrei.

Härter

Die von R&G gelieferten Harzsysteme **L 20 - VE 3261** und **L 20 - VE 2723** besitzen eine **Zulassung vom Luftfahrtbundesamt (LBA)**. Die nicht zugelassenen Härterssysteme VE 2778 und speziell SG sind für **hochbelastbare Faserverbundbauteile außerhalb des Flugzeugbaus** geeignet. Härter H 105/B wird vor allem für Vergüsse und Beschichtungen eingesetzt.

Daten

Epoxydharz L 20 Epoxy resin L 20	Einheit Unit	Wert Value
Lieferform Delivered state	--	flüssig liquid
Farbe Colour	--	gelblich yellowish
Dichte Density	g/cm ³ /20 °C	1,15
Viskosität Viscosity	mPa s/25 °C	900
Epoxydwert Epoxy value	100/Äquivalent 100/Equivalent	0,56
Epoxydäquivalent Epoxy equivalent	g/Äquivalent g/Equivalent	179
Chlorgehalt hydrolysierbar Chlorine content, hydrolysable	ppm	< 0,3
Dampfdruck Vapour pressure	mbar/25 °C	< 10 ⁻⁴
Flammpunkt (DIN 51584) Flash point (DIN 51584)	°C	> 120
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) Storage (sealed at 15 °C)	Monate Months	12

2.22

EPOXY RESIN L 20

LAMINATING RESIN FOR AIRCRAFT CONSTRUCTION

Description

- Low viscosity, free of solvents and fillers
- Approved for the construction of gliders and powered aircraft
- Highest static and dynamic strength

Besides epoxy resin L and L 1000 also laminating resin L 20 is the most important resin system in the R&G delivery programme. It is suitable for the manufacture of particularly high-performance components and structures reinforced with glass, aramid, and carbon fibres.

Range of applications

Applications include the fields of satellite design, aerospace, automobile manufacture and shipbuilding, and the extremely exacting field of high-performance sports equipment as well as model construction. One particular field is the production of gliders.

Processing

The resin is suitable for **all processing methods**, e.g. hand lay-up operations, winding, and press moulding (also in vacuum). Metal, wood, plastics, ceramics, etc., can be joined with high-strength bonds without the application of contact pressure. Curing takes place virtually free of shrinkage.

Hardeners

The resin systems **L 20 / VEE 3261** and **L 20 / VE 2723** delivered by R&G have been **approved by the federal aviation authority LBA**. The hardener systems VE 2778 and, specifically, SG have not been approved in this respect and are suitable for **high-strength fibre composite components not used for aircraft construction**. Hardener H 105/B is primarily used for casts and coatings.

Specifications



HÄRTER VE 2723

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L 20
- Verarbeitungszeit 15 Minuten
- zugelassen für den Bau von Segel- und Motorflugzeugen

Anwendungsgebiet

Niedrigviskos, kalthärtend. VE 2723 besitzt sehr gute Benetzungseigenschaften gegenüber Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern sowie eine ausgezeichnete Faserhaftung. Reparaturen und kleinere Teile im **Flugzeugbau** und **Modellbau**.

Packungsgrößen von 0,115 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 112 113-X, 120 114-X, 112 115-X



HARDENER VE 2723

Description

- Hardener for epoxy resin L 20
- Processing time 15 minutes
- Approved for the construction of gliders and powered aircraft

Range of applications

Low-viscosity, cold-curing. VE 2723 exhibits very good wetting properties with respect to glass, aramid, and carbon fibres as well as a superior adhesion to fibres. Repairs and smaller **components in aircraft and model construction**.

Packaging sizes from 0.115 kg to 200 kg
Order no. 112 113-X, 120 114-X, 112 115-X

HÄRTER VE 2778

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L 20
- Verarbeitungszeit 30 Minuten

Niedrigviskos, kalthärtend. VE 2778 besitzt sehr gute Benetzungseigenschaften gegenüber Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern sowie eine ausgezeichnete Faserhaftung.

Anwendungsgebiet

Statisch und **dynamisch hochbelastbare** FVK-Bauteile.

Packungsgrößen von 0,1 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 112 121-X



HARDENER VE 2778

Description

- Hardener for epoxy resin L 20
- Processing time 30 minutes

Low-viscosity, cold-curing. VE 2778 exhibits very good wetting properties with respect to glass, aramid, and carbon fibres as well as a superior adhesion to fibres.

Range of applications

FRP components **with high static and dynamic strengths**.

Packaging sizes from 0.1 kg to 200 kg
Order no. 112 121-X

HÄRTER H 105/B

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L 20
- Verarbeitungszeit 25 Minuten

Anwendungsgebiet

Das System L 20 - H 105/B ist kalthärtend und bei der Verarbeitung **unempfindlich gegen Feuchteinwirkung**. Es härtet auch bei **niedrigen Temperaturen** (5 - 10 °C) in dünner Schicht mit klebfreier Oberfläche aus.

Packungsgrößen von 0,26 kg bis 200 kg
Bestell-Nr. 112 122-X



HARDENER H 105/B

Description

- Hardener for epoxy resin L 20
- Processing time 25 minutes

Range of applications

The system L 20 / H 105/B is cold-curing and **insensitive to the effects of moisture** when processed. It also cures at **low temperatures** (5 - 10 °C) in thin layers with adhesive-free surfaces.

Packaging sizes from 0.26 kg to 200 kg
Order no. 112 122-X



HÄRTER VE 3261

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L 20
- Verarbeitungszeit 90 Minuten
- zugelassen für den Bau von Segel- und Motorflugzeugen

Anwendungsgebiet

Mit der Kombination L 20/Härter VE 3261 steht ein niedrigviskoses Laminierharz zur Verfügung, das hervorragende Tränk- und Benetzungseigenschaften gegenüber Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern besitzt.

Verglichen mit L 20/VE 2896 ergibt der Härter VE 3261 bei gleich **guten mechanischen und dynamischen Festigkeiten** eine längere Gebrauchsdauer der Harzmasse und führt sowohl bei dicken (> 2 cm) wie auch bei dünnen (<1,5 mm) Laminaten zur einwandfreien Durchhärtung.

Um die angegebenen Festigkeitswerte zu erreichen, müssen die **Laminat**e nach der **Anhärtung ca. 15 h bei 60 °C getempert werden.**

Packungsgrößen von 0,125 kg bis 200 kg
 Bestell-Nr. 112 123-X, 112 124-X, 112 125-X



HARDENER VE 3261

Description

- Hardener for epoxy resin L 20
- Processing time 90 minutes
- Approved for the construction of gliders and powered aircraft

Range of applications

The combination of L 20 and hardener VE 3261 yields a low-viscosity laminating resin that exhibits superior impregnating and wetting properties with respect to glass, aramid, and carbon fibres.

Compared with L 20 /VE 2896, hardener VE 3261 results in a longer service life for the resin compound, **with no change to the high mechanical and dynamic strengths**, and perfect curing in both thick (> 2 cm) and thin (> 1.5 mm) laminates.

Before they can obtain the specified mechanical properties, the **laminates must be annealed for about fifteen hours at 60 °C after their initial cold-curing period.**

Packaging sizes from 0.125 kg to 200 kg
 Order no. 112 123-X, 112 124-X, 112 125-X

HÄRTER SG

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz L 20
- Verarbeitungszeit 120 Minuten
- Speziell geeignet für Wickelanwendungen

Anwendungsgebiet

Die Kombination L 20/Härter SG ergibt ein extrem dünnflüssiges Epoxydharzsystem mittlerer Reaktivität mit hervorragenden Tränk- und Benetzungseigenschaften gegenüber Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern.

Wegen seiner guten Tränkeigenschaften wird es vorzugsweise zur Herstellung hochbelastbarer Faserverbundbauteile im **Wickelfahren** eingesetzt.

Um die angegebenen Festigkeitswerte zu erreichen, müssen die Laminat e nach der Anhärtung ca. 15 h bei 60 - 100 °C getempert werden.

Packungsgrößen von 0,09 kg bis 200 kg
 Bestell-Nr. 112 127-X



HARDENER SG

Description

- Hardener for epoxy resin L 20
- Processing time 120 minutes
- Specifically designed for winding applications

Range of applications

The combination of L 20 and hardener SG yields an extremely low-viscosity epoxy resin system of medium reactivity and superior impregnating and wetting properties with respect to glass, aramid, and carbon fibres.

Owing to its impressive impregnating properties, it is most often used for **winding methods** in the manufacture of high-strength fibre composite components.

Before they can obtain the specified mechanical properties, the **laminates must be annealed for about fifteen hours at 60 - 100 °C after their initial cold-curing period.**

Packaging sizes from 0.09 kg to 200 kg
 Order no. 112 127-X

Allgemeine Daten der Härter für Epoxydharz L 20 General specifications of hardeners for epoxy resin L 20	Einheit Unit	L 20	VE 2723	VE 2778	H 105/B	VE 3261	SG
Verarbeitungszeit 100 g Mischung Processing time for 100 g mixture	Minuten/20 °C Minutes/20 °C	-	15	30	25	90	120
Mischungsverhältnis auf 100 Gewichtsteile Epoxydharz L 20 Mixing ratio on 100 parts by weight of epoxy resin L 20	Gewicht (g) Weight (g)	-	23	19	19	25	24
Dichte Density	g/cm ³ /20 °C	1,15	1,07	1,04	1,13	1,0	0,92
Lagerung (Verschlossen bei 15 °C) Storage (sealed at 15 °C)	Monate Months	12	12	12	12	12	12

2.24



Daten des unverstärkten, gehärteten Harzes L 20 (Härtung 6 Tage bei RT) <i>Specifications of unreinforced, cured resin L 20 (curing 6 days at RT)</i>	Einheit <i>Unit</i>	L 20 + VE 2723	L 20 + VE 2778	L 20 + H 105/B	L 20 + VE 3261	L 20 + SG
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	140	145	90	130	100
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	125	140	100	125	120
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	kJ/m ²	40	40	15	40	25
E-Modul Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	3500	3600	3200	3600	2500

Ergänzende Daten zu L 20 + Härter VE 3261

Supplementary specifications on L 20 + hardener VE 3261

Epoxydharz L 20 + VE 3261 unverstärkt <i>Epoxy resin L 20 + VE 3261, unreinforced</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³	1,158
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	70,2
Bruchdrehung <i>Elongation at break</i>	%	9,5
E-Modul Zug <i>Tensile modulus</i>	MPa	3400
Schubmodul 54 °C <i>Shear modulus at 54 °C</i>	MPa	1019
Biegewechselfestigkeit <i>Bend fatigue strength</i>	LW <i>load cycles</i>	1.500.000

Daten des verstärkten, gehärteten Harzes L 20 (GFK) <i>Specifications of reinforced, cured resin L 20 (GRP)</i>	Einheit <i>Unit</i>	L 20 + VE 2723	L 20 + VE 2778	L 20 + H 105/B	L 20 + VE 3261*	L 20 + SG*
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	400	425	368	488	545
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	340	340	419	–	–
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	305	310	222	360	380
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	kJ/m ²	225	220	–	205	220
E-Modul Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	25000	24000	30000	23500	24000
ILS bei Raumtemperatur <i>Interlaminar shear strength at room temperature</i>	MPa	38	44	31	36	38

Die Werte wurden an 4 mm-Platten (16 Lagen Interglas 91745/Style 181, 286 g/m² Atlas) gemessen. Härtung 7 Tage bei Raumtemperatur. *Härtung 24 h bei RT + 15 h bei 60 °C.
The values were obtained on 4 mm panels (16-ply Interglas 91745/style 181, 286 g/m², atlas weave). Curing 7 days at room temperature. * Curing 24 hours at RT + 15 hr at 60 °C.

Daten des verstärkten, gehärteten Harzes L 20 (CFK) <i>Specifications of reinforced, cured resin L 20 (CRP)</i>	Einheit <i>Unit</i>	L 20 + VE 2723	L 20 + VE 2778	L 20 + H 105/B	L 20 + VE 3261*	L 20 + SG*
Biegefestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	520	553	480	730	745
Druckfestigkeit <i>Impact strength</i>	MPa	395	420	295	444	456
E-Modul Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	41000	44000	–	46000	47000
ILS bei Raumtemperatur <i>Interlaminar shear strength at room temperature</i>	MPa	45	48	39	54	56

Die Werte wurden an Probekörpern aus 8 Lagen Kohlegewebe 200 g/m² gemessen. *Härtung 24 h bei RT + 15 h bei 60 °C.
The values were obtained on test specimens of 8-ply carbon fabric, 200 g/cm². * Curing 24 hr at RT + 15 hr at 60 °C.



EPOXYDHARZ LF

LAMINIERHARZ FÜR DEN FLUGZEUGBAU

Beschreibung

- Dünnflüssig, lösemittel- und füllstofffrei
- Zugelassen für den Bau von Segel- und Motorflugzeugen

Epoxydharz LF ist ein Bisphenol A-Harz. Es ist vom deutschen Luftfahrt-Bundesamt für den Bau von Motor- und Segelflugzeugen in Verbindung mit Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern zugelassen.

Anwendungsgebiet

Motor- und Segelflugzeuge, Ultraleichtflugzeuge, Reparaturen an Luftfahrzeugen; sicherheitsrelevante Bauteile im Modellbau wie Luftschrauben und Rotorblätter.

Verarbeitung

Das System eignet sich für alle gängigen Verarbeitungsverfahren wie z.B. Handlaminierten, Wickeln, Injizieren und Pressen (auch Vakuum).

Härter

Die Harzmasse härtet bei Raumtemperatur so gut an, daß Bauteile nach 24 Stunden ohne Schwierigkeiten entformt und bearbeitet werden können. Flugzeugteile, insbesondere tragende Strukturen, müssen nach dieser Anhärtung zusätzlich 15 Std. bei 50 - 55 °C warmgehärtet werden. Die Temperatursteigerung bis zum Erreichen der Endtemperatur (55 °C) kann 10 °C/Stunde betragen. Für geringere Anforderungen genügt eine Anhärtung von 24 Std. bei Raumtemperatur und eine anschließende Lagerung von einer Woche bei 25 - 30 °C.

Packungsgrößen von 0,725 kg bis 230 kg
 Bestell-Nr. 110 114-X, 110 115-X

HÄRTER LF 1

Beschreibung

- Härter für Epoxydharz LF
- Verarbeitungszeit 50 Minuten
- Zugelassen für den Bau von Segel- und Motorflugzeugen

Anwendungsgebiet

Schneller Aminhärter für kleinere Bauteile, Verklebungen und Reparaturen im Flugzeugbau.

Packungsgrößen von 0,275 kg bis 200 kg
 Bestell-Nr. 110 119-X, 110 120-X

EPOXY RESIN LF

LAMINATING RESIN FOR AIRCRAFT CONSTRUCTION

Description

- Low viscosity, free of solvents and fillers
- Approved for the construction of gliders and powered aircraft

Epoxy resin LF is a bisphenol A resin. It has been approved by the German federal aviation authority for the construction of powered aircraft and gliders in conjunction with glass, aramid, and carbon fibres.

Range of applications

Powered aircraft and gliders, ultralight aircraft, repairs on aircraft, safety-relevant components in model construction such as propellers and rotor blades.

Processing

The system is suitable for all the usual processing methods, e.g. hand lay-up operations, winding, injection, and press moulding (also in vacuum).

Hardeners

The resin compound cures so well at room temperature that the components can be demoulded and machined after twenty-four hours without problems. After this preliminary period of curing, aircraft parts, in particular supporting structures, must be hot-cured for a further fifteen hours at 50 - 55 °C. The temperature gradient until the end temperature is reached (55 °C) can be 10 °C an hour. For less stringent requirements, curing for twenty-four hours at room temperature and subsequent storage for a week at 25 - 30 °C prove adequate.

*Packaging sizes from 0.725 kg to 230 kg
 Order no. 110 114-X, 110 115-X*

HARDENER LF 1

Description

- Hardener for epoxy resin LF
- Processing time 50 minutes
- Approved for the construction of gliders and powered aircraft

Range of applications

Fast amine hardener for smaller components, glued joints, and repairs in aircraft construction.

*Packaging sizes from 0.275 kg to 200 kg
 Order no. 110 119-X, 110 120-X*



Epoxydharz LF + Härter <i>Epoxy resin LF + hardener</i>	Einheit <i>Unit</i>	Epoxydharz LF <i>Epoxy resin LF</i>	Härter LF 1 <i>Hardener LF 1</i>
Verarbeitungszeit 100 g Mischung <i>Processing time for 100 g mixture</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes/20 °C</i>	--	50
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewicht (g) <i>Weight (g)</i>	100	40
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Volumen (ml) <i>Volume (ml)</i>	100	50
Gelierzzeit (Laminat 1 mm) <i>Gelling time (1 mm laminate)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours/20 °C</i>	--	2 - 3
Aushärtezeit (Laminat 1 mm) <i>Curing time (1 mm laminate)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours/20 °C</i>	--	24 + 10 h bei/at 60 °C
Wärmebelastbarkeit von Bauteilen <i>Heat resistance of components</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	50 - 60 ohne Temperung/50 - 60 w/o annealing 80 - 100 nach Temperung/80 - 100 after annealing	
Lieferform <i>Delivered state</i>	--	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	--	hellgelb <i>light yellow</i>	blau <i>blue</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,18	0,94
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25 °C	600 - 900	50 - 100
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,59 - 0,65	--
Aminäquivalent <i>Amine equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	--	64
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12	12



Daten der unverstärkten, gehärteten Harzmasse

Specifications of the unreinforced, cured resin compound

Epoxydharz LF + Härter LF 1 <i>Epoxy resin LF + hardener LF 1</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³	1,18 - 1,20
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	110
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	70
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	120
Dehnung <i>Elongation</i>	%	> 5
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	kJ/m ²	45
E-Modul Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	3,0 · 10 ³
Shore-Härte <i>Shore hardness</i>	D	80
Glasübergangstemperatur T _g <i>Glass transition temperature T_g</i>	°C	min. 80
Wasseraufnahme bei 23 °C <i>Water absorption at 23 °C</i>	24 h/% 7 d/%	0,2 - 0,3 0,6 - 0,8
Biegewechselfestigkeit nach DLR <i>Bend fatigue strength (DLR standards)</i>	10 % 90 %	> 2 · 10 ⁴ > 2 · 10 ⁶

Daten der verstärkten, gehärteten Harzmasse

Specifications of the reinforced, cured resin compound

Epoxydharz LF + Härter LF 1 Härtung: 24 h/23 °C + 15 h/60 °C <i>Epoxy resin LF + hardener LF 1</i> curing: 24 h at 23 °C + 15 h at 60 °C	Einheit <i>Unit</i>	GFK <i>GRP</i>	CFK <i>CRP</i>	SFK <i>SRP</i>
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	490 - 540	680 - 700	300 - 350
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	450 - 500	460 - 520	400 - 480
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	390 - 420	430 - 490	130 - 160
Interlaminare Scherfestigkeit (ILS) <i>Interlaminar shear strength</i>	MPa	39 - 44	44 - 50	28 - 32
E-Modul aus Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	> 17000	> 38000	> 15000

GFK-Probekörper: 16 Lagen Glasgewebe Atlas 296 g/m², Probekörper 4 mm dick
CFK-Probekörper: 8 Lagen Kohlegewebe Leinen 200 g/m², Probekörper 2 mm dick
SFK-Probekörper: 15 Lagen Aramidgewebe Köper 170 g/m², Probekörper 4 mm dick

GRP test specimen: 16-ply glass fabric, satin weave, 296 g/m², test specimen 4 mm thick
CRP test specimen: 8-ply carbon fabric, plain weave, 200 g/m², test specimen 2 mm thick
SRP test specimen: 15-ply aramid fabric, twill weave, 170 g/m², test specimen 4 mm thick

Fasergehalt der Proben bei der Herstellung/Prüfung: 40 - 45 Vol.-%
 Daten auf einen Fasergehalt von 43 Vol.-% umgerechnet

Fibre content of the test specimens during manufacture / testing: 40 - 45 %vol.
 Values converted for a fibre content of 43 %vol.

2.28

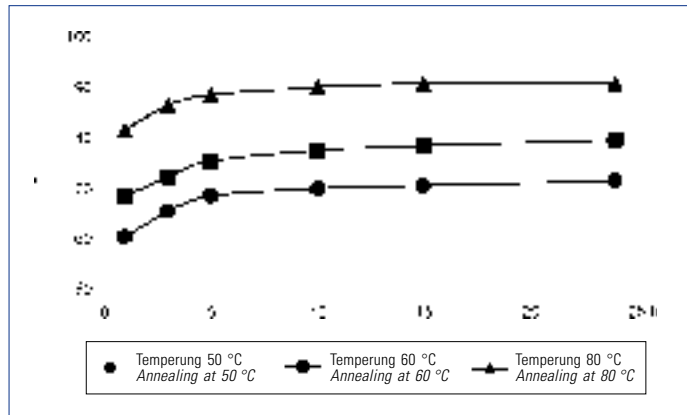


Anstieg der Glasübergangstemperaturen (T_g) bei verschiedenen Temperaturen

Rise in glass transition temperatures (T_g) at different temperatures

**Epoxydharz LF
+ Härter LF 1**

*Epoxy resin LF
+ hardener LF 1*



EPOXYD - GIESSHARZ KRISTALLKLAR

- **Wasserklares Epoxyd-Gießharz**
- **Weitgehend schwindfrei**
- **Klebfreie, glänzende Oberflächen**

Wegen der sehr hellen Farbe und der rißfreien Aushärtung wird dieses **Einbettungsharz** vorzugsweise unverstärkt als Gießharz eingesetzt. Die gehärteten Harze sind klebfrei und haben eine gute Lichtbeständigkeit. Das Harz härtet weitgehend **schwindfrei** und mit **klebfreier, glänzender Oberfläche**. Starke UV-Strahlung kann zu einer Vergilbung (Verfärbung ins Gelbliche) führen. Anwendung daher vorzugsweise im Indoor-Bereich.

Zur **Einbettung** eignen sich **Metalle** (Münzen, elektronische Bauteile), **anorganische** (Muscheln, Steine) und **organische Präparate** (Pflanzen, Insekten).

Die Gegenstände müssen **trocken** sein.

Es können bis zu etwa **5 Liter große Blöcke** bei **rißfreier Aushärtung** hergestellt werden. Falls die freiwerdende Reaktionswärme stört, sollte in Schichten von ca. 5 cm Dicke gegossen werden.

Mischungsverhältnis

100,00 Gewichtsteile Komponente A (Harz)
44,00 Gewichtsteile Komponente B (Härter)

Harz und Härter werden bei Raumtemperatur (20 °C - 25 °C) für ca. 2 Minuten homogenisiert. Nach dem Mischen läßt man die Mischung ca. 20 Minuten ruhen, damit eingerührte Luftblasen entweichen können.

Verarbeitungshinweise

Füllen Sie das Harzsystem in ein Gefäß, ohne die Seitenwände zu bespritzen. Um die Blasenbildung gering zu halten, das Harzsystem aus der geringstmöglichen Höhe einfüllen.

Lassen Sie das fertige Produkt für 48 Stunden auf einer ebenen Fläche stehen. Bitte nicht berühren und nicht bewegen. Abhängig von der Mischungstemperatur, der Raumtemperatur und dem Volumen der Mischung beträgt die gesamte Härtingszeit 48 - 62 Stunden.

Lagerfähigkeit

In geschlossenen Gebinden bei 20 - 25 °C 12 Monate. Es ist möglich, daß die Harzkomponente während der Lagerung kristallisiert. Durch Erwärmen auf 60 - 70 °C läßt sich die Kristallisation beseitigen.

Packungsgrößen Harz von 225 g bis 220 kg
Bestell-Nr. 107 105-X

Packungsgrößen Härter von 99 g bis 200 kg
Bestell-Nr. 107 110-X

EPOXY CAST RESIN, CRYSTAL-CLEAR

- **Water-clear epoxy cast resin**
- **Almost completely free of shrinkage**
- **Tack-free, glossy surfaces**



Owing to its very light colour and complete unsusceptibility to cracking when curing, this **embedding resin** is used as a cast resin predominantly in the unreinforced state. Cured resins are tack-free and exhibit good light resistance. The resin cures almost completely **free of shrinkage** to yield a **tack-free, glossy surface**.

High levels of UV radiation can cause yellowing, so these resins are used primarily for indoor applications.

Suitable **embedded materials** are **metals** (coins, electronic components) as well as **inorganic** (seashells, stones) and **organic preparations** (plants, insects).

The specimens must be **dry**.

This resin **cures free of cracks** to yield **blocks up to about five litres in volume**. If the released reaction heat should pose a problem, then the coats should be cast to a thickness of approx. 5 cm.

Mixing ratio

100.00 parts by weight of constituent A (resin)
44.00 parts by weight of constituent B (hardener)

Resin and hardener are homogenised for about two minutes at room temperature (20-25 °C). Afterwards the mixture is left to rest for approx. twenty minutes so that any air bubbles trapped during the homogenisation process can escape.

Processing information

Transfer the resin system to a receptacle without splattering the side walls. Bubbling is minimised when the resin system is transferred from as low a height as possible.

Leave the ready mixture on a flat surface for 48 hours. Please do not mix or otherwise move the product. The total curing time ranges from 48 to 62 hours, depending on the mixing temperature, the ambient temperature, and the volume of the mixture.

Shelf life

Twelve months in sealed packaging at 20-25 °C. The resin constituent may crystallise during storage, an effect that is counteracted when the resin is heated to 60-70 °C.

Packaging sizes resin from 225 g to 220 kg
Order-No. 107 105-X

Packaging sizes hardener from 99 g to 200 kg
Order-No. 107 110-X

Daten
Specifications

Eigenschaften <i>Properties</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert Komp. A <i>Constituent A</i>	Wert Komp. B <i>Constituent B</i>
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewicht/g <i>Weight per g</i>		100 : 44
Viskosität bei 25 °C <i>Viscosity at 25 °C</i>	mPa·s	480 ± 70	110 ± 20
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,31	
Aminäquivalent <i>Amine equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>		86 ± 3
Dichte bei 20 °C <i>Density at 20 °C</i>	g/cm	1.10 ± 0.02	0.98 ± 0.02
Gelzeit 23 °C <i>Gelling time 23 °C</i>	Minuten <i>Minutes</i>		590 ± 25
Mischviskosität bei 25 °C <i>Viscosity of mixture 25 °C</i>	mPa·s		290 ± 40



EPOXYDHARZ C

CHEMIKALIENFESTES LAMINIER- UND BESCHICHTUNGSHARZ

Beschreibung

- Lösemittel- und füllstofffrei
- Hohe Chemikalienbeständigkeit

Epoxydharz C ist ein kalthärtendes, hochviskoses (zähflüssiges), lösemittel- und füllstofffreies Laminier- und Beschichtungsharz mit sehr guter Chemikalienbeständigkeit gegen zahlreiche Stoffe.

Anwendungsgebiet

Chemikalienfeste Bauteile und Beschichtungen wie z.B. Tanks, Behälter, Rohrleitungen, Fußböden, Transportfahrzeuge. Das Harz eignet sich zum Beschichten und zum Handlaminieren, Wickeln und Pressen (auch im Vakuum).

Verarbeitung

Das System enthält nicht die sonst bei Laminierharzen üblichen Reaktivverdünner, da diese die Chemikalienfestigkeit herabsetzen würden. Zum Laminieren sollte das Harz daher auf etwa 30 - 40° C erwärmt werden, damit es dünnflüssig genug ist, um Glas-, Aramid- und Kohlenstoffasern zu tränken.

Es läßt sich jedoch auch sehr gut als reines Beschichtungsharz für "normale" Lamine, z.B. aus Epoxydharz L, verwenden. So ist es z.B. möglich, leichte Benzintanks aus GFK oder Kohle/Aramid auf der Innenseite mit 2 - 3 chemikalienfesten Anstrichen zu versehen.

Die Gesamtschichtstärke sollte etwa 0,5 mm betragen. Um ein Abfließen an steilen Flächen zu verhindern, kann das Harz mit Thixotropiermittel eingedickt werden.

Härter

Der Härter C ist ein modifiziertes cycloaliphatisches Polyamin mit einer Verarbeitungszeit von 50 Minuten. Die Wärmeformbeständigkeit liegt bei Kalthärtung um 60 °C.

Packungsgrößen von 0,625 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 120 300-X, 120 304-X, 120 305-X, 120 309-X, 120 310-X

EPOXY RESIN C

CHEMICAL-RESISTANT LAMINATING AND COATING RESIN

Description

- Free of solvents and fillers
- High chemical resistance

Epoxy resin C is a cold-curing, high-viscosity, solvent- and filler-free laminating and coating resin with very high resistance to various chemicals.

Range of applications

Chemical-resistant components and coatings, e.g. for tanks, vessels, pipework, floors, transport vehicles, etc. The resin is suitable for coating and hand lay-up, winding, and press moulding operations (also in vacuum).

Processing

In contrast to other laminating resins, the system does not contain the usual reactive diluents, because these would counteract the chemical resistance. Before laminating work, therefore, the resin should be heated to about 30 - 40 °C so that its viscosity becomes low enough to impregnate glass, aramid, and carbon fibres.

Yet the resin is also ideal for use as a pure coating resin for "normal" laminates, e.g. of epoxy resin L. As such, it can, for example, be used for applying two to three chemical-resistant coats to the inside of lightweight petrol tanks of GRP or carbon/aramid.

The total thickness of the coat should be about 0.5 mm. A thixotropy-enhancing agent can be added to the resin to prevent it from running off steeply inclined surfaces.

Hardener

The hardener C is a modified cycloaliphatic polyamine with a processing time of fifty minutes. The heat distortion temperature is about 60 °C after cold curing.

*Packaging sizes from 0.625 kg to 25 kg
Order nos. 120 300-X, 120 304-X, 120 305-X, 120 309-X, 120 310-X*



Daten
Specifications

Epoxydharz C <i>Epoxy resin C</i>	Einheit <i>Unit</i>	Epoxydharz C <i>Epoxy resin C</i>	Härter C <i>Hardener C</i>
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung <i>Processing time for 100 g mixture</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	50	
Mischungsverhältnis auf 100 Gewichtsteile Epoxydharz C <i>Mixing ratio on 100 parts by weight of epoxy resin C</i>	Gewicht (g) <i>Weight (g)</i>		60
Aushärtezeit (Laminat 1 mm) <i>Curing time (1 mm laminate)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	24	
Wärmebelastbarkeit von Bauteilen (ohne Temperung) <i>Heat resistance of components (w/o annealing)</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	60	
Lieferform <i>Delivered state</i>	-	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	-	hellgelb <i>light yellow</i>	hellgelb <i>light yellow</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,16	1,02
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25 °C	7000 - 10000	250 - 500
Epoxydwert <i>Epoxy equivalent</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,54	-
Aminäquivalent <i>Amine equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	-	115
Flammpunkt DIN 51584 <i>Flash point DIN 51584</i>	°C	> 180	> 131
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12	12



Foto: Bakelite

Gewickelter Tank aus GFK

Wound GRP-based tank



EPOXYDHARZ C

Benzin: Harz ist beständig (++) , zeigt aber eine Pendelhärteabnahme (P)

Benzol: Harz ist beständig (++) , auch bei Dauerlagerung (D)
Bei **Chlorwasser** wird aufgrund der Erfahrungen mit ähnlichen Verbindungen eine bedingte Beständigkeit (+) des Harzes erwartet (E).

EPOXY RESIN C

Petrol: resin is resistant (++) , but exhibits a loss in pendulum hardness (P).

Benzene: resin is resistant (++) , even after long-term storage (D).
In the case of **chlorine water**, experience with similar compounds has shown that only a limited resistance (+) can be expected (E) from the resin.

P = Pendelhärteabnahme
D = Dauerlagerung
E = Erwartung (ohne Prüfung)

++ = beständig
+ = bedingt beständig
- = unbeständig
→ = Tendenz

Abwasser, Kloake	P +
Aceton	P -
Aluminiumhydroxid	E ++
Amine	P -
Ammoniak 10 %	P ++ → +
Ammoniak 25 %	P ++ → +
Aromatische Kohlenwasserstoffe	D ++
Benzin	P ++
Benzol	D ++
Bier	P ++
Borsäure 3 % / 30 °C	D ++
n-Butanol	P +
n-Butylether	P ++
Chloroform	P -
Chlorwasser	E +
Chromsäure 5 %	P ++
Chromsäure 10 %	P ++
Chromsäure 20 %	P ++
Chromsäure 40 %	P ++
Cyclohexan	P ++
Dibutylphthalat	D ++
Dieselöl	P ++
Diocetylphthalat	D ++
Entwicklerbad 1 : 10	P ++
Essigsäure 5 %	D -
Essigsäure 10 %	P -
Essigsäure 30 %	P -
Essigsäure 60 %	P -
Essigsäure 80 %	P -
Ethylacetat	P -
Ethylalkohol	D + → -
Ethylalkohol 10 %	D ++
Ethylenglykol	P ++
Ethylglykol	P -
Fettsäure (Tallöl)	D ++
Formaldehyd 35 %	P ++
Gefrierschutzmittel (glykolhaltig)	E ++
Gemüsesaft	P ++
Glycerin	P ++
Heptan	E ++

Hexan	E ++
Hydr.Flüssigkeit (Aerosafe 2300)	E ++
Hydr.Flüssigkeit (Skydrol B 500)	D ++
Isopropylalkohol	E + → -
Jet-Treibstoff	E ++
Kaliumhydroxid Kalk	E ++ E ++
Lackbenzin	D ++
Lebertran	P ++
Leinöl	P ++
Melasse, zähfl.	E ++
Methanol	E -
Methylenchlorid	P -
Methylisobutylketon	P +
Milch	P ++
Milch-/Butter-/Essigsäure je 1 %	D ++ → +
Mineralöl	P ++
Monochlorbenzol	P + → -
Natriumchlorid 3 %	P ++
Natriumchlorid 30 %	P ++
Natriumhydroxid 50 % (50 °C)	E ++
Natriumhypochlorid 16 % (mit 12 % NaCl)	P +
Natriumkarbonat	E ++
2-Nitropropan	P +
Olivenöl	P ++
Oxalsäure 10 %	P +
Perchlorethylen	P ++
Petroleum	P ++
Pflanzenöle (allgemein)	E ++
Phenol	P -
Phosphorsäure 5 %	P + → -
Phosphorsäure 10 %	P + → -
Phosphorsäure 20 %	P -
Phosphorsäure 45 %	P -
Phosphorsäure konz.	P -

n-Propylacetat	E + → -
n-Propylalkohol	E + → -
Rizinusöl Rohöl	E + → - E ++
Salpetersäure 5 %	P ++
Salpetersäure 10 %	P +
Salpetersäure 20 %	P -
Salpetersäure 30 %	P -
Salpetersäure 40 %	P -
Salpetersäure 60 %	P -
Salzlösung konz.	P ++
Salzsäure 5 %	E ++
Salzsäure 10 %	D ++
Salzsäure 20 %	D ++
Salzsäure 30 %	P + → -
Salzsäure 37 %	P -
Schmalz	P ++
Schmiermittel	E ++
Schnee, Schlackerschnee	E ++
Schwefelsäure 5 %	P +
Schwefelsäure 10 %	P +
Schwefelsäure 20 %	P +
Schwefelsäure 30 %	P +
Schwefelsäure 40 %	P +
Schwefelsäure 60 %	P +
Schwefelsäure 80 %	P +
Schwefelsäure rauchend	E -
Seifenlösung 5 %	P ++
Silikonöl	P ++
Styrol	P + → -
Terpentin	P ++
Tetrachlorkohlenstoff	P + → -
Toluol	E ++
Traubensaft (20 °C / 80 °C)	D ++
Trichlorethylen	P +
Wasser dest.	D ++
Wasser, 100 °C	D +
Wasserstoffperoxid 3 %	P ++
Wein	P ++
Whisky	E + → -
Xylol	P ++
Zitronensäure 30 %	E ++

2.34

P = loss in pendulum hardness
 D = long-term storage
 E = expected (untested)

++ = resistant
 + = limited resistance
 - = not resistant
 → = tendency

Acetic acid 5%	D -
acetic acid 10%	P -
acetic acid 30%	P -
acetic acid 60%	P -
acetic acid 80%	P -
acetone	P -
aluminium hydroxide	E ++
amines	P -
ammonia 10%	P ++ → +
ammonia 25%	P ++ → +
antifreeze agent (containing glycol)	E ++
aromatic hydrocarbons	D ++
Beer	P ++
benzene	D ++
boric acid 3%, 30 °C	D ++
n-butanol	P +
n-butyl ether	P ++
Carbon tetrachloride	P + → -
castor oil	E + → -
chlorine water	E +
chloroform	P -
chromic acid 5%	P ++
chromic acid 10%	P ++
chromic acid 20%	P ++
chromic acid 40%	P ++
citric acid 30%	E ++
cod liver oil	P ++
crude oil	E ++
cyclohexane	P ++
Developing bath 1:10	P ++
dibutylphthalate	D ++
diesel oil	P ++
dioctylphthalate	D ++
Ethyl acetate	P -
ethyl alcohol	D + → -
ethyl alcohol 10%	D ++
ethylene glycol	P ++
ethyl glycol	P -
Fatty acid (tall oil)	D ++
formaldehyde 35%	P ++
Glycerol	P ++
grape juice (20 °C / 80 °C)	D ++

Heptane	E ++
hexane	E ++
hydraulic liquid (Aerosafe 2300)	E ++
hydraulic liquid (Skydrol B 500)	D ++
hydrochloric acid 5%	E ++
hydrochloric acid 10%	D ++
hydrochloric acid 20%	D ++
hydrochloric acid 30%	P + → -
hydrochloric acid 37%	P -
hydrogen peroxide 3%	P ++
Isopropanol	E + → -
Jet fuel	E ++
Kerosene	P ++
Lactic / butyric / acetic acid, each 1%	D ++ → +
lard	P ++
lime	E ++
linseed oil	P ++
lubricant	E ++
Methanol	E -
methyl isobutyl ketone	P +
methylene chloride	P -
milk	P ++
mineral oil	P ++
mineral spirit	D ++
molasses	E ++
monochlorobenzene	P + → -
Nitric acid 5%	P ++
nitric acid 10%	P ++
nitric acid 20%	P +
nitric acid 30%	P -
nitric acid 40%	P -
nitric acid 60%	P -
2-nitropropane	P +
Olive oil	P ++
oxalic acid 10%	P +
Perchloroethylene	P ++
petrol	P ++
phenol	P -
phosphoric acid 5%	P + → -
phosphoric acid 10%	P + → -

phosphoric acid 20%	P -
phosphoric acid 45%	P -
phosphoric acid conc.	P -
potassium hydroxide	E ++
n-propanol	E + → -
n-propyl acetate	E + → -
Saline solution conc.	P ++
silicone oil	P ++
snow, slush	E ++
soap solution 5%	P ++
sodium carbonate	E ++
sodium chloride 3%	P ++
sodium chloride 30%	P ++
sodium hydroxide 50% (50 °C)	E ++
sodium hypochlorite 16% (with 12% NaCl)	P +
styrene	P + → -
sulphuric acid 5%	P +
sulphuric acid 10%	P +
sulphuric acid 20%	P +
sulphuric acid 30%	P +
sulphuric acid 40%	P +
sulphuric acid 60%	P +
sulphuric acid 80%	P +
sulphuric acid, fuming	E -
Toluene	E ++
trichloroethylene	P +
turpentine	P ++
Vegetable juice	P ++
vegetable oils (general)	E ++
Waste water, sewage water, 100 °C	P +
water, distilled	D ++
whisky	E + → -
wine	P ++
Xylene	P ++

MARTENS-PLUS-EP

HOCHWÄRMEFESTES LAMINIERHARZ

Beschreibung

- **Hitzebest bis ca. 230 °C**
- **Hohe statische und dynamische Festigkeit**

Lösemittel- und füllstofffreies 3-Komponenten-Epoxyd-Laminierharz für hochwärmefeste Bauteile mit hoher statischer und dynamischer Festigkeit.

Anwendungsgebiet

Formstoffe, die höchsten thermischen und chemischen Beanspruchungen unterworfen sind wie z.B. Resonanzrohre, Tiefziehformen, Rohrleitungen, Behälter, sowie Hochtemperaturanwendungen in der Luft- und Raumfahrt und der Elektrotechnik.

R&G Martens-Plus-EP ist für alle üblichen Verarbeitungsverfahren wie Handlaminierten, Pressen und Wickeln geeignet.

Verarbeitung

Die optimale Verarbeitungstemperatur liegt bei 30 - 50 °C. Dazu sind die Komponenten Harz und Härter z.B. im Wasserbad zu erwärmen. Temperaturen über 50 °C verkürzen die Verarbeitungszeit. Bereits eine um 10 °C erhöhte Temperatur halbiert die Topfzeit.

Von den nachfolgenden Vorschriften abweichende Härtungstemperaturen und unterschiedliche Luftfeuchtigkeiten während der Aushärtung haben keinen entscheidenden Einfluß auf die Endfestigkeit der gehärteten Produkte.

Das genaue Abwiegen und sorgfältige Mischen der Komponenten sollte selbstverständlich sein.

Die Harzmischungen werden mit Pinsel oder Walze appliziert. Alle gebräuchlichen Verstärkungsfasern lassen sich gut tränken, solange das Harz genügend erwärmt ist.

Die Anhärtung der Bauteile erfolgt nach Vorschrift zunächst bei Raumtemperatur. Dabei wird das Harz glasartig spröde (B-Zustand), ist also noch nicht belastungsfähig. **Eine Belastung - wie z.B. Entformung - ist erst nach der Warmhärtung möglich!**

Da in der Form vorgetempert werden muß, sind einige Punkte zu beachten.

Trennmittel

Wachstrennmittel wie R&G Trennspray oder Folientrennmittel wirken bis ca. 100 °C, höhere Temperaturen zerstören den Trennfilm. Daher müssen die Bauteile in der Regel außerhalb der Form getempert werden. Um überhaupt Entformen zu können, wird zunächst bei Temperaturen von ca. 80 - 100 °C über 5 - 6 Stunden oder länger angehärtet.

Nach dem Abkühlen ist das Bauteil bereits fest genug, um sich zerstörungsfrei entformen zu lassen. Entsprechend den Härtungsvorschriften muß anschließend noch getempert werden.

MARTENS PLUS EP

HIGH-TEMPERATURE LAMINATING RESIN

Description

- **Heatproof up to approx. 230 °C**
- **High static and dynamic strength**

Solvent- and filler-free 3-component epoxy laminating resin for high-temperature components with high static and dynamic strength.

Range of applications

Moulded materials that must be able to withstand the highest temperatures and the most aggressive chemicals are used, for example, in reactive tubes, deep-drawing dies, pipework, vessels, etc., as well as in high-temperature applications in aerospace and electrical engineering.

R&G Martens Plus EP is suitable for all the usual processing methods such as hand lay-up operations, press moulding, and winding.

Processing

The optimal processing temperature lies between 30 and 50 °C. This temperature can be obtained when the resin and hardener components are first heated, e.g. in a water bath.

Temperatures over 50 °C shorten the processing time. For example, a temperature only 10 °C higher halves the pot life.

Curing temperatures and air humidity measurements deviating from the values specified in the following regulations for the curing process do not have any decisive effect on the final strength of the cured products.

It is, of course, very important that the components are precisely weighed and carefully mixed.

The resin mixtures are applied with a brush or roller. All of the usual reinforcing fibres can be impregnated well provided that the resin has been adequately heated.

According to the regulations, the components are first cured at room temperature. During this process the resin enters the glassy state (B stage), and so is unable to withstand mechanical loading. **Any loading, e.g. as a result of demoulding, must be applied after hot curing!**

This means that preliminary hot curing must be applied to the resin when it is still in the mould. The following points must be observed.

Release agents

Wax release agents, such as R&G release spray or film release agent, are effective up to about 100 °C, above which the release film is destroyed. For this reason, the components must as a rule be annealed after demoulding. Yet before they can be demoulded at all, the components must first undergo preliminary curing at temperatures from about 80 to 100 °C for a period of five to six hours or longer.

After cooling, the component is now hard enough to be deformed without being destroyed in the process. The curing regulations then stipulate subsequent annealing.



Heißhärtung

Die Teile dürfen außerhalb einer Form nicht schockgetempert werden, da sie sich sonst verziehen können! Die maximale Wärmeformbeständigkeit des Harzes wird nicht schlagartig erreicht, sondern steigt während der Heißhärtung laufend an.

Daraus folgt, daß die Temperatur von anfangs 80 - 100 °C langsam gesteigert wird, in Schritten von ca. 20 °C Temperaturerhöhung pro Stunde.

Ist die vorgeschriebene Endtemperatur für die Heißhärtung erreicht (ca. 230 °C), verbleiben die Bauteile entsprechend den Härtungsempfehlungen im Temperofen.

Formenbau

GFK-Formen müssen bis 100 °C temperaturbeständig sein. Dafür eignet sich z.B. R&G Alu-Formenharz + Härter VE 3261 für die Deckschicht, Epoxydharz L + Härter VE 3261 für das Laminat.

Die Formen selbst müssen entsprechend den Verarbeitungsvorschriften der Harze wärmgehärtet werden. Sehr gut eignen sich auch Formen aus Metall oder Teflon.

Verstärkungsfasern

Zur Verstärkung hitzefester Harze werden Glas-, Aramid- und Kohlenstofffasern eingesetzt. Die Temperaturbeständigkeit dieser Fasern übertrifft in jedem Fall das Harz.

Packungsgrößen von 0,5 kg bis 25 kg

Bestell-Nr. 125 130-X, 125 134-X, 125 135-X, 125 144-X, 125 145-X

Annealing

Thermal shock must not be applied as an annealing measure to the components once out of the mould, otherwise they will warp! The heat distortion temperature of the resin does not reach its maximum abruptly, but increases steadily during annealing.

This means that the initial temperature of 80 - 100 °C is slowly raised in steps of about 20 °C per hour.

Once the end temperature stipulated for the annealing has been reached (approx. 230 °C), the components remain in the annealing oven in accordance with the recommended curing procedure.

Mould construction

GRP moulds must be temperature-resistant up to 100 °C. Suitable materials are, for example, R&G aluminium mould resin + hardener VE 3261 for the overlay, epoxy resin L + hardener VE 3261 for the laminate.

The moulds themselves must be hot-cured in accordance with the processing regulations for the resins. Also moulds of metal or Teflon are ideal.

Reinforcing fibres

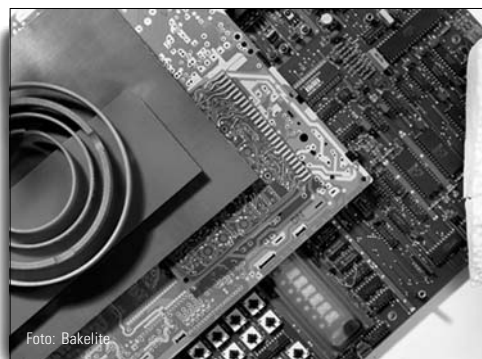
Glass, aramid, and carbon fibres are used to reinforce heatproof resins. In all cases, the temperature resistance of these fibres exceeds that of the resin.

Packaging sizes from 0.5 kg to 25 kg

Order nos. 125 130-X, 125 134-X, 125 135-X, 125 144-X, 125 145-X



Hitzefeste Resonanzschalldämpfer
Heatproof reactive silencers



Elektrolaminat
Electric laminates



**Daten und Verarbeitungshinweise
 Martens-Plus**

**Specifications and processing information for
 Martens Plus**

Martens-Plus <i>Martens-Plus</i>	Einheit <i>Unit</i>	Martens-Plus <i>Martens-Plus</i>	Härter MP <i>Hardener MP</i>	Beschleuniger MP <i>Accelerator MP</i>
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	<i>Gewicht (g)</i> <i>weight (g)</i>	100	100	1,5 - 3
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung bei 1,5 Gewichtsteilen Beschleuniger MP <i>Processing time 100 g mixture for 1.5 parts by weight of accelerator MP</i>	Stunden bei <i>hours at</i> 20 °C 40 °C 50 °C		12 5 2	
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung bei 3 Gewichtsteilen Beschleuniger MP <i>Processing time 100 g mixture for 3 parts by weight of accelerator MP</i>	Stunden bei <i>hours at</i> 20 °C 40 °C 50 °C		10 4 1,5	
Empfohlene Verarbeitungstemperatur <i>Recommended processing temperature</i>	°C		30 - 50	
Anhärtung bis zur Entformung <i>Curing until demoulding</i>	-		5 - 6 h bei ca. 100 °C <i>5 - 6 h at approx. 100 °C</i>	
Temperung außerhalb der Form <i>Annealing after demoulding</i>	-		24 h bei 100 °C + 15 h bei 230 °C <i>24 h at 100 °C + 15 h at 230 °C</i>	
Mischviskosität <i>Viscosity of mixture</i>	mPas/25 °C		2300	
Mischviskosität <i>Viscosity of mixture</i>	mPas/40 °C		550	
Lieferform <i>Delivered state</i>	-		flüssig <i>liquid</i>	
Farbe <i>Colour</i>	-		hellgelb <i>light yellow</i>	
Farbe nach dem Tempern der Bauteile <i>Colour after component annealing</i>	-		dunkelbraun <i>dark brown</i>	
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,19	1,23	0,97
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPas/20 °C	14000 - 16000	270	250
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,63	-	-
Anhydrid-Äquivalentgewicht <i>Equivalent anhydride weight</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	-	178	-
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12	12	12

Werte des gehärteten, unverstärkten und verstärkten Formstoffes

Values for the cured, unreinforced, and reinforced moulded material

Martens-Plus	Einheit <i>Units</i>	unverstärkt <i>unreinforced</i>	GFK <i>GRP</i>	CFK <i>CRP</i>
Härtung: 24 h/100 °C + 15 h/230 °C <i>Curing: 24 h at 100 °C + 15 h at 230 °C</i>				
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	60	470	650
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	-	390	520
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	180	420	380
Interlaminare Scherfestigkeit (ILS) <i>Interlaminar shear strength (ILS)</i>	MPa	-	23000	47000
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	J/m ²	10 - 12	-	-
E-Modul aus Biegeversuch <i>Flexural modulus</i>	MPa	-	> 17000	> 38000
Wärmeformbeständigkeit nach (Martens) <i>Heat distortion temperature (Martens)</i>	°C	228	-	-

GFK-Probekörper: 16 Lagen Glasgewebe Atlas 296 g/m²
CFK-Probekörper: 8 Lagen Kohlegewebe Köper 240 g/m²

GRP test specimen: 16-ply glass fabric, satin weave, 296 g/m²
CRP test specimen: 8-ply carbon fabric, twill weave, 240 g/m²



Auspufftopf aus CFK

CRP-based exhaust silencer

AKTIV-VERDÜNNER EPD BD

VOLLREAKTIVER VERDÜNNER FÜR EPOXYDHARZE

Beschreibung

- Gute Verdünnerwirkung
- Lösemittelfrei
- Difunktionell, daher relativ geringe Beeinflussung der Festigkeitswerte, Chemikalien- und Wärmeformbeständigkeit

Anwendungsgebiet

Die relativ hohen Viskositäten von Epoxyd-Basisharzen erfordern in den meisten Fällen den Einsatz von Reaktivverdünnern. Darunter versteht man Verbindungen, die reaktionsfähige Gruppen enthalten und bei der Vernetzung von Harz und Härter in das Makromolekül eingebunden werden. Bei dieser Reaktion werden keine flüchtigen Bestandteile abgespalten.

Fast alle in diesem Katalog aufgeführten Systeme **enthalten** Reaktivverdünner. RV sind relativ teure Produkte, die den Preis eines Epoxydharzsystems erhöhen. Aus diesem Grund sind unmodifizierte Basisharze (z.B. 5-Min.-Epoxy) deutlich preisgünstiger als modifizierte, mit RV eingestellte Laminierharze.

Zumeist werden difunktionelle Produkte wie 1,4-Butandiol verwendet. Und dies aus gutem Grund: im Gegensatz zu monofunktionellen RV verhindern difunktionelle Verdüner einen Molekülkettenabbruch, so daß Reaktivität, Festigkeitswerte, chemische und thermische Beständigkeit weitgehend erhalten bleiben.

Normalerweise enthalten Epoxyd-Laminierharze bereits den optimalen Anteil an Reaktivverdünner.

Für spezielle Anwendungen kann das Harz nochmals mit ca. 10 % Verdünner selbst eingestellt werden. Allerdings führt die steigende Zugabemenge zu einer allgemeinen Verschlechterung der mechanischen, thermischen und chemischen Beständigkeit der Formstoffe.

Verarbeitung

Aktivverdünner H wird wie Epoxydharz behandelt und der Harzkomponente zugerechnet.

Bei Zugabemengen über 10 % ist das Mischungsverhältnis entsprechend dem angegebenen Epoxydwert zu **korrigieren**:

Beispiel

Eine Mischung aus : 85 % Epoxydharz EP BD (EP-Wert 0,56) und 15 % Aktivverdünner EP BD (EP-Mittelwert 0,76)

soll mit Härter L (Aminäquivalent 71) verarbeitet werden.

EP-Wert Epoxydharz L $0,56 \times 85 \% = 0,48$
EP-Wert Aktiv-Verd. L $0,76 \times 15 \% = 0,11$

EP-Wert der Mischung **0,59**

Der **Härteranteil** ist nach folgender Formel zu ermitteln:

Gewichtsteile Härter für 100 Gewichtsteile Harz = EP-Wert x Aminäquivalent
 $0,59 \times 71 = 41,89$ (gerundet 42). Das Mischungsverhältnis beträgt **100 : 42** Gewichtsteile.

Packungsgrößen von 0,25 kg bis 24,3 kg
Bestell-Nr. 130 135-X

ACTIVE DILUENT EPD BD

FULLY REACTIVE DILUENT FOR EPOXY RESIN

Description

- Good diluent effect
- Free of solvents
- Difunctional, so relatively minor effects on the strength values, good chemical resistance and heat distortion temperature

Range of applications

In most cases, the relatively high viscosities of epoxy base resins necessitate the addition of reactive diluents. Reactive diluents are compounds that contain reactive groups and so are integrated in the macromolecule when the resin and hardener interlink. This reaction does not release any volatile constituents.

Almost all of the systems listed in this catalogue **contain** reactive diluents (RDs). RDs are relatively costly products that force up the price of an epoxy resin system. For this reason, unmodified base resins (e.g. 5 minute epoxy) are considerably less expensive than laminating resins with RD-modified properties.

In most cases, difunctional products such as 1,4-butanediol are used. And not without good reason: in contrast to monofunctional RDs, difunctional diluents prevent the molecular chains from breaking, with the result that reactivity, mechanical properties, and chemical and temperature resistance are retained to a great degree.

Normally, epoxy laminating resins already come with the optimal proportion of reactive diluent.

For special applications, a further diluent quantity of approx. 10% may be added to the resin. However, the increasing proportion leads to a general deterioration in the mechanical, temperature, and chemical resistance of the moulded materials.

Processing

Active diluent H is handled like epoxy resin and added to the resin constituent. If the quantity added exceeds 10%, the mixing ratio **must be corrected** according to the specified epoxy value:

Example

A mixture of: 85% epoxy resin L (EP value 0.56) and 15% active diluent EP BD (mean EP value 0.76)

is to be processed with hardener L (amine equivalent 71).

EP value epoxy resin L: $0.56 \times 85 \% = 0.48$
EP value active diluent EP BD: $0.33 \times 15 \% = 0.11$

EP value of mixture: **0.59**

The **hardener fraction** can be calculated as follows:

Parts by weight of hardener for 100 parts by weight of resin = EP value x amine equivalent
 $0.53 \times 71 = 37.6$ (rounded off to 38). So the mixing ratio is **100 : 42** parts by weight.

Packaging sizes from 0.25 kg to 24.3 kg
Order no. 130 135-X



Daten
Specifications

Aktiv-Verdünner EPD BD <i>Active diluent EPD BD</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	farblos <i>colourless</i>
Dichte bei 20 °C <i>Density at 20 °C</i>	g/cm ³ /20 °C	1,11 ± 0,01
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPas/25 °C	15 ± 5
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,76 ± 0,03
Chlorgehalt hydrolysierbar <i>Chlorine content, hydrolysable</i>	%	- 0,3
Farbzahl nach Gardner <i>Colour no. according to Gardner</i>	---	-2
Brechungsindex bei 25 °C <i>Refractive index at 25 °C</i>	---	1,457 ± 0,002



Foto: Bakelite

Großtechnische Herstellung von Epoxydharzen

Industrial-scale manufacture of epoxy resins

FLEXIBILISATOR

REAKTIVER WEICHMACHER FÜR EPOXYDHARZE

Beschreibung

- Dauerhafte Weichmacherwirkung, keine Versprödung
- Geeignet für alle Epoxydharze

Anwendungsgebiet

Der von R&G gelieferte Flexibilisator wird bei der Härtung in das Epoxydharzmolekül eingebaut. Durch den langkettigen linearen Aufbau erzeugt er eine hohe Dehnfähigkeit des gehärteten Formstoffes. Die Dehnfähigkeit bleibt auf Dauer erhalten - die so flexibilisierten Harze verspröden nicht.

Verarbeitung

R&G Flexibilisator wird wie Epoxydharz behandelt und der Harzkomponente zugerechnet. Bei Zugabemengen über 10 % ist das Mischungsverhältnis entsprechend dem angegebenen Epoxydwert zu **korrigieren**:

Beispiel

Eine Mischung aus : 70 % Epoxydharz L (EP-Wert 0,56) und 30 % Flexibilisator (EP-Mittelwert 0,31)

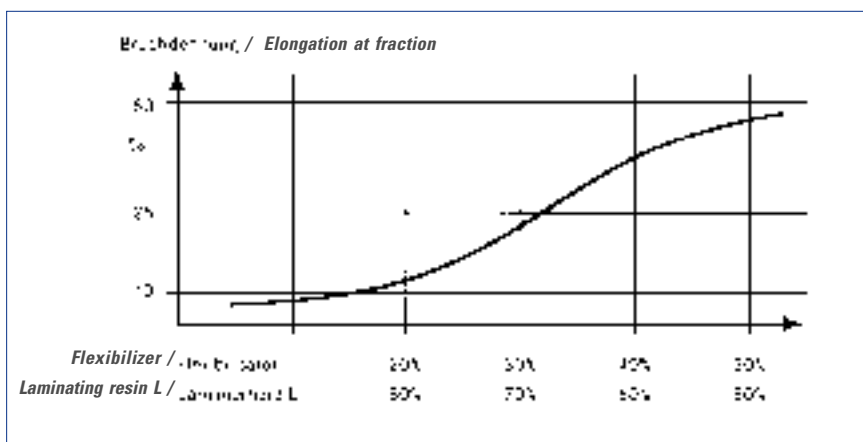
soll mit Härter L (Aminäquivalent 71) verarbeitet werden.

EP-Wert Epoxydharz L:	$0,56 \times 70 \% = 0,39$
EP-Wert Flexibilisator:	$0,31 \times 30 \% = 0,09$
EP-Wert der Mischung	0,48

Der **Härteranteil** ist nach folgender Formel zu ermitteln:

Gewichtsteile Härter für 100 Gewichtsteile Harz = EP-Wert x Aminäquivalent $0,48 \times 71 = 34,08$ (gerundet 34). Das Mischungsverhältnis beträgt **100 : 34** Gewichtsteile.

Bruchdehnung/Flexibilisatoranteil



Packungsgrößen von 0,25 kg bis 24,3 kg
Bestell-Nr. 130 135-X

FLEXIBILIZER

REACTIVE PLASTICIZER FOR EPOXY RESINS

Description

- Permanent plasticizer effect, no embrittlement
- Suitable for all epoxy resins

Range of applications

The flexibilizer delivered by R&G is integrated in the epoxy resin molecule during the curing process. Owing to the flexibilizer's long-chain linear structure, the cured moulded material develops a high extensibility. This extensibility is permanent, in other words the resin cannot embrittle.

Processing

The R&G flexibilizer is handled like epoxy resin and added to the resin constituent. If the quantity added exceeds 10 %, the mixing ratio must be **corrected** according to the specified epoxy value.

Example

A mixture of : 70 % epoxy resin L (EP value 0,56) and 30 % flexibilizer (mean EP value 0,31)

is to be processed with hardener L (amine equivalent 71).

EP value epoxy resin L:	$0,56 \times 70 \% = 0,39$
EP value flexibilizer:	$0,31 \times 30 \% = 0,09$
EP value of mixture:	0,48

The **hardener fraction** can be calculated as follows:

Parts by weight of hardener for 100 parts by weight of resin = EP value x amine equivalent $0,48 \times 71 = 34,08$ (rounded off to 34). So the mixing ratio is **100 : 34** parts by weight.

Elongation at break / flexibilizer fraction

Daten

Specifications

Flexibilisator Flexibilizer	Einheit Unit	Wert Value
Lieferform Delivered state	---	flüssig liquid
Farbe Colour	---	farblos colourless
Dichte Density	g/cm ³ /20 °C	1,00 - 1,15
Viskosität Viscosity	mPas/25 °C	50 - 100
Epoxydwert Epoxy value	100/Äquivalent 100/Equivalent	0,30 - 0,33
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) Storage (sealed at 15 °C)	Monate Months	12

2

ENTLÜFTER

DEGASSER

Beschreibung

■ Additiv für Epoxydharze, mindert Schaumbildung

Zur Minderung der Schaum- und Blasenbildung während der Produktion und Applikation. Wird in Epoxyd- und Polyurethansystemen eingesetzt.

Chemischer Aufbau

Lösung eines polyethermodifizierten Methylalkylpolysiloxan Copolymeren.

Empfohlene Zusatzmengen

Additivmenge in der Lieferform auf die Gesamt Rezeptur: 0,1 - 0,5 %

Description

■ Additive to reduce foaming in epoxy resins

Used in epoxy and polyurethane systems, this additive reduces foaming and bubbling during production and application.

Chemical structure

Solution of a polyether modified methyl alkyl polysiloxane copolymer.

Recommended quantities

Additive as delivered in the total recipe: 0.1 - 0.5 %.



Daten

Specifications

Entlüfter Degasser	Einheit Unit	Wert Value
Dichte Density	g/cm ³ /20 °C	0,86
Nicht flüchtige Anteile Non-volatile contents	%	52
Flammpunkt Flash point	°C	38
Brechzahl Refractive index	---	1,441
Farbe Colour	---	farblos klar bis leicht trübe clear colourless to slightly dull

Packungsgrößen 20 g - 1 kg
Bestell-Nr. 130 143-X

Packaging sizes from 20 g to 1 kg
Order No. 130 143-X



EPOXYD - FARBPASTEN

PIGMENTPASTEN ZUM DAUERHAFTEN EINFÄRZEN

Beschreibung

- **Hoher Pigmentanteil**
- **Leicht einmischbar**
- **Weichmacher-, cadmium- und bleifrei**

Anwendungsgebiet

Hochkonzentrierte, leuchtkräftige Pigmentpasten zum Einfärben von Epoxydharzen.

Je nach Farbton ist die Viskosität fließfähig bis pastös. Die Farben sind daher leicht einmischbar.

Dunkle Farbtöne weisen wie immer eine bessere Deckfähigkeit auf, als helle Farben.

Verarbeitung

Die Standardzugabe für **Deckschichten** beträgt **10 Gewichts - %**.

Für besonders deckkräftige Einfärbungen kann zusätzlich auch noch das **Laminierharz** mit **5 - 10 %** Farbpaste abgetönt werden. Allerdings lassen sich dann Luftpneinschlüsse im Laminat schwerer erkennen. Farbige Lamineate sollten daher besonders sorgfältig hergestellt werden.

Die Farbpasten enthalten als **Bindemittel** ein **Epoxydharz**, die Zugabe erfolgt daher zur einzufärbenden **Harzkomponente**.

Grundsätzlich können alle Farbtöne untereinander gemischt werden. Jedoch zeigen organische und anorganische Farbpigmente (z.B. Rußschwarz/ Titandioxydweiß) eine Tendenz zum Entmischen, wodurch sich leichte Schlieren bilden können.

Epoxydharze vergilben bei UV-Bestrahlung (Sonnenlicht) je nach Intensität mehr oder weniger stark. Umsomehr gilt dies für weiß eingefärbte Epoxydharze. Weiße Einfärbungen sind jedoch als heller Grund für eine spätere Lackierung in jedem Falle sinnvoll.

Alle anderen Farbtöne können für intensive, leuchtkräftige Einfärbungen ohne zusätzliche Lackierung verwendet werden.

Lieferbare Farbtöne

Reinweiß	(RAL 9010)	Packungen 0,1 - 30 kg, Best.-Nr. 130 100-X
Feuerrot	(RAL 3003)	Packungen 0,1 - 15 kg, Best.-Nr. 130 105-X
Enzianblau	(RAL 5010)	Packungen 0,1 - 15 kg, Best.-Nr. 130 110-X
Smaragdgrün	(RAL 6001)	Packungen 0,1 - 15 kg, Best.-Nr. 130 115-X
Zinkgelb	(RAL 1018)	Packungen 0,1 - 15 kg, Best.-Nr. 130 120-X
Silbergrau	(RAL 7001)	Packungen 0,1 - 15 kg, Best.-Nr. 130 125-X
Schwarz	(RAL 9005)	Packungen 0,1 - 15 kg, Best.-Nr. 130 130-X

EPOXY COLOUR PASTES

PIGMENT PASTES FOR PERMANENT COLOURING

Description

- **High pigment content**
- **Mixes easily**
- **Free of plasticizers, cadmium, and lead**

Range of applications

Highly concentrated, luminous pigment pastes for colouring epoxy resins.

The viscosity ranges from flowable to pasty depending on the colour tone.

As a result, the colours can be easily mixed.

As always, dark colour tones exhibit a higher covering power than light colours.

Processing

The standard added quantity for **overlays** is **10 % by weight**.

For particularly opaque colourings, also the **laminating resin** can be mixed in addition with **5 - 10 %** of colour paste. The drawback here is that air inclusions are the more difficult to detect in the laminate. Coloured laminates should therefore be manufactured with particular care.

The colour pastes contain an **epoxy resin** as the **binder**, so they should be added to the **resin constituent**.

In principle, all colour tones can be mixed with one another. However, organic and inorganic pigments (e.g. carbon black and titanium dioxide white) tend to separate, generating light streaking.

The degree to which epoxy resins yellow when irradiated with UV (sunlight) depends on the intensity. This should be noted in particular for epoxy resins coloured white. On the other hand, white colourings make perfect sense as a primer for a subsequent coat.

All other colour tones can be used for intensive, luminous colourings without additional coats.

Available colour tones

pure white	(RAL 9010)	packaging 0.1-30 kg, order no. 130 100-X
flame red	(RAL 3003)	packaging 0.1-15 kg, order no. 130 105-X
gentian blue	(RAL 5010)	packaging 0.1-15 kg, order no. 130 110-X
emerald green	(RAL 6001)	packaging 0.1-15 kg, order no. 130 115-X
zinc yellow	(RAL 1018)	packaging 0.1-15 kg, order no. 130 120-X
silver grey	(RAL 7001)	packaging 0.1-15 kg, order no. 130 125-X
black	(RAL 9005)	packaging 0.1-15 kg, order no. 130 130-X



TRANSPARENTFARBEN

VOLLTRANSPARENT, LEUCHTENDE FARBTÖNE

Beschreibung

- Für Epoxyd- und Polyesterharze
- Leicht einmischbar

Anwendungsgebiet

Volltransparente, leuchtende Farbzusätze mit guter Lichtechtheit zum Abtönen von Epoxyd- und Polyester-Laminier- und Gießharzen. Es lassen sich ähnliche Effekte wie bei eingefärbtem Glas erzielen.

Verarbeitung

Zugabe bis ca. 3 % in das fertige Harz/Härter-Gemisch.

Lieferbare Farbtöne

Zitrongelb	Packungen 20 ml, Bestell-Nr. 130 155-1
Orange	Packungen 20 ml, Bestell-Nr. 130 160-1
Zinnoberrot	Packungen 20 ml, Bestell-Nr. 130 165-1
Karminrot	Packungen 20 ml, Bestell-Nr. 130 170-1
Hellblau	Packungen 20 ml, Bestell-Nr. 130 175-1
Dunkelblau	Packungen 20 ml, Bestell-Nr. 130 180-1
Violett	Packungen 20 ml, Bestell-Nr. 130 185-1
Dunkelgrün	Packungen 20 ml, Bestell-Nr. 130 195-1

TRANSPARENT COLOURS

FULLY TRANSPARENT, BRIGHT COLOUR TONES

Description

- For epoxy and polyester resins
- Mixes easily

Range of applications

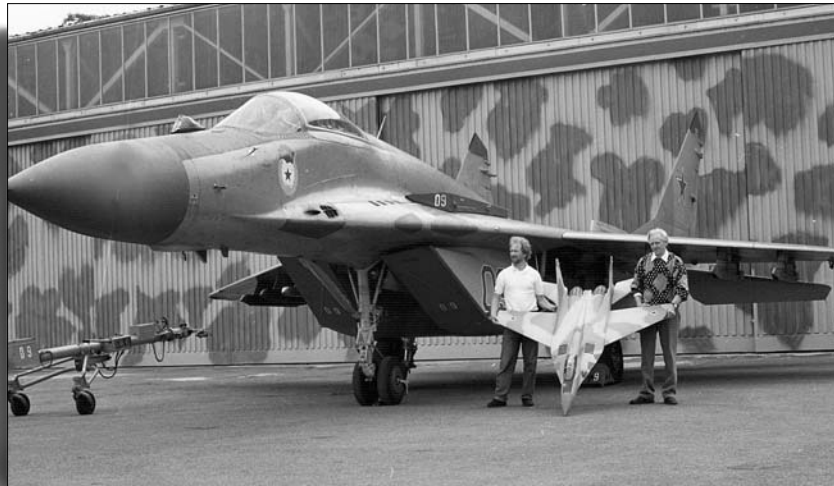
Fully transparent, bright colour additives with good light fastness for colouring epoxy and polyester laminating and cast resins. The obtained effects are similar to those of coloured glass.

Processing

Up to 3 % can be added to the ready-made mixture of resin and hardener.

Available colour tones

lemon yellow	packaging 20 ml, order no. 130 155-1
orange	packaging 20 ml, order no. 130 160-1
cinnabar red	packaging 20 ml, order no. 130 165-1
carmine red	packaging 20 ml, order no. 130 170-1
light blue	packaging 20 ml, order no. 130 175-1
dark blue	packaging 20 ml, order no. 130 180-1
violet	packaging 20 ml, order no. 130 185-1
dark green	packaging 20 ml, order no. 130 195-1



Original und Modell... die MiG von W. Klühr

The original and the model... the MiG built by W. Klühr



GELCOATS UND FORMENHARZE, AUSWAHLHILFE

GEL COATS AND MOULD RESINS, SELECTION

CHART

Systeme	Eigenschaften	Farbe	Mischungsverhältnis Gewichtsteile	Topfzeit (100g-Ansatz Minuten bei 20 °C)	Gelierzeit (Stunden bei 20 °C in dünner Schicht)	Härtung (Stunden)	Wärmebe- lastbarkeit (°C)
Systems	Properties	Colour	Mixing ratio parts by weight	Pot life (100 g in minutes at 20 °C)	Gelling time (thin layer in hours at 20 °C)	Curing (hours)	Heat resistance (°C)
EP-Gelcoat farblos + Härter S	Transparentes Deckschichtharz, schneller Härter. Verbrauch ca. 0,3 kg/m ²	farblos- gelblich	100 : 38	20	1,5	24 h bei RT	ca. 60
<i>EP gel coat colourless + hardener S</i>	<i>Transparent gel coat, fast hardener; consumption approx. 0.3 kg/m²</i>	<i>colourless- yellow</i>	<i>100 : 38</i>	<i>20</i>	<i>1,5</i>	<i>24 h at RT</i>	<i>approx. 60</i>
EP-Gelcoat farblos + Härter L	Transparentes Deckschichtharz, Härter mit mittlerer Verarbeitungszeit. Verbrauch ca. 0,3 kg/m ²	farblos- gelblich	100 : 38	40	3	24 h bei RT	ca. 60
<i>EP gel coat colourless + hardener L</i>	<i>Transparent gel coat, hardener with medium processing time; consumption approx. 0.3 kg/m²</i>	<i>colourless- yellow</i>	<i>100 : 38</i>	<i>40</i>	<i>3</i>	<i>24 h at RT</i>	<i>approx. 60</i>
EP-Gelcoat farblos + Härter VE 3261	Transparentes Deckschichtharz, hoch wärmebest. Verbrauch ca. 0,3 kg/m ²	farblos- gelblich	100 : 24	90	4	24 h bei RT + Temperung 10 h bei 60 °C	130 - 140 bei Temperungen 10 h/100°C
<i>EP gel coat colourless + hardener VE 3261</i>	<i>High-temperature transparent gel coat; consumption approx. 0.3 kg/m²</i>	<i>colourless- yellow</i>	<i>100 : 24</i>	<i>90</i>	<i>4</i>	<i>24 hr at RT + annealing 10 h at 60 °C</i>	<i>130 - 140 after annealing 10 h at 100°C</i>
EP-Gelcoat weiß + Härter HT 2 W	Weißes Deckschichtharz, schlagzäh, gut schleif- und polierbar. Verbrauch ca. 0,3 kg/m ²	weiß	100 : 35	45	3	24 h bei RT	ca. 60
<i>EP gel coat white + hardener HT 2 W</i>	<i>White gel coat, high- impact resistant, good grinding and polishing properties; consumption approx. 0.3 kg/m²</i>	<i>white</i>	<i>100 : 35</i>	<i>45</i>	<i>3</i>	<i>24 h at RT</i>	<i>approx. 60</i>
Formenharz P + Härter VE 2723	Ergibt hartelastische, polierfähige Oberflächen mit guter Kantenfestigkeit. Verbrauch ca. 0,5 - 1 kg/m ²	schwarz	100 : 17	25	1,5	24 h bei RT	ca. 65
<i>Mould resin P + hardener VE 2723</i>	<i>yields hard elastic, polishable surfaces with good edge strength; consumption approx. 0.5 - 1 kg/m²</i>	<i>black</i>	<i>100 - 17</i>	<i>25</i>	<i>1,5</i>	<i>24 h at RT</i>	<i>approx. 65</i>
Formenharz P + Härter VE 3261	Ergibt hartelastische polierfähige Oberflächen mit guter Kanten- festigkeit und hoher Wärmeform- beständigkeit. Verbrauch ca. 0,5 - 1 kg/m ² Oberflächen nicht styrolbeständig, daher für Polyesterharze nicht geeignet.	schwarz	100 : 17	90	4	24 h bei RT + Temperung 10 h bei 60 °C	130 - 140 bei Temperungen 10 h / 100°C
<i>Mould resin P + hardener VE 3261</i>	<i>yields hard elastic, polishable surfaces with good edge strength and high heat distortion temperature; consumption approx. 0.5 - 1 kg/m² Surfaces not resistant to styrene, i.e. not suitable for polyester resins.</i>	<i>black</i>	<i>100 : 17</i>	<i>90</i>	<i>4</i>	<i>24 h at RT + annealing 10 h at 60 °C</i>	<i>130 - 140 after annealing 10 h at 100°C</i>

2.46

Systeme	Eigenschaften	Farbe	Mischungsverhältnis Gewichtsteile	Topfzeit (100g-Ansatz Minuten bei 20°C)	Gelierzeit (Stunden bei 20 °C in dünner Schicht)	Härtung (Stunden)	Wärmebe- lastbarkeit (°C)
Systems	Properties	Colour	Mixing ratio parts by weight	Pot life (100 g in minutes at 20 °C)	Gelling time (thin layer in hours at 20 °C)	Curing (hours)	Heat resistance (°C)
Alu- Formenharz + Härter A	Formendeckschichtharz mit hoher Kantenfestigkeit, aluminiumgefüllt, dadurch schnelle Wärmeableitung/ Verteilung. Verbrauch ca. 1 kg/m ²	grau	100 : 12	25	1,5	24 h bei RT	ca. 60
<i>Aluminium mould resin + hardener A</i>	<i>Mould overlay resin and aluminium with high edge strength, so fast heat dissipation/distribution; consumption approx. 1 kg/m²</i>	grey	100 : 12	25	1,5	24 h at RT	approx. 60
Alu- Formenharz + Härter VE 3261	In Verbindung mit Härter VE 3261 für Temper- und Tiefziehformen bis ca. 20 mm Dicke. Verbrauch ca. 1 kg/m ² Oberflächen nicht styrolbeständig, daher für Polyesterharze nicht geeignet.	grau	100 : 15	90	4	24 h bei RT + Temperung 10 h bei 60 °C	max. 140 bei Temperungen 10 h/100°C
<i>Aluminium mould resin + hardener VE 3261</i>	<i>In conjunction with hardener VE 3261 for annealing moulds and deep- drawing dies up to approx. 1 kg/m² Surfaces not resistant to styrene, i.e. not suitable for polyester resins.</i>	grey	100 : 15	90	4	24 h at RT + annealing 10 h at 60 °C	max 140 after annealing 10 h at 100°C
UP - Vorgelat weiß + Härter MEKP	Weißes Deckschichtharz auf Poly- esterharzbasis. Wird mit Epoxydharz- laminaten kombiniert. Bekannt als Schwabbellack aus dem Segelflug- bau. Verbrauch ca. 0,3 kg/m ²	weiß	100 : 2	20	1,5	24 h bei RT	ca. 80
<i>UP pre-gel white + hardener MEKP</i>	<i>White gel coat based on polyester resin; combines with epoxy resin laminates; used especially in glider construction; consumption approx. 0.3 kg/m²</i>	white	100 : 2	20	1,5	24 h at RT	approx. 80
UP - Vorgelat farblos + Härter MEKP	Transparentes Deckschichtharz für transparente oder eingefärbte Oberflächen. Kann mit Epoxydharzlaminaten kombiniert werden. Verbrauch ca. 0,3 kg/m ²	weiß	100 : 2	20	1,5	24 h bei RT	ca. 80
<i>UP pre-gel colourless + hardener MEKP</i>	<i>Transparent polyester gel coat for transparent or coloured surfaces; also combines with epoxy resin laminates; consumption approx. 0.3 kg/m²</i>	white	100 : 2	20	1,5	24 h at RT	approx. 80

RT = Raumtemperatur 20 - 22 °C
 RT = Room temperature 20 - 22 °C
 Verbrauch = Pinselstärke
 Consumption = Brush thickness



EP-GELCOAT FARBLOS

TRANSPARENTES FEINSCHICHTHARZ

Beschreibung

- **Transparent, mit EP-Farbpasten einfärbbar**
- **Thixotrop (nicht ablaufend)**
- **Unter Vakuum hergestellt, daher optimal luftblasenfrei und homogen**

Anwendungsgebiet

EP-Gelcoat farblos ist ein thixotropes (eingedicktes) Deckschichtharz (Feinschichtharz), das als erste Schicht in die Negativform gestrichen wird und die Außenseite des Bauteils bildet.

Eigenschaften

Die harzreiche Deckschicht schützt das Laminat vor UV-Strahlung, Feuchtigkeit und anderen Umwelteinflüssen. Zudem wird eine optimale, luftblasenfreie Oberfläche erzielt, die ohne weiteres Spachteln lackiert werden kann.

EP-Gelcoat farblos läßt sich mit EP-Farbpasten beliebig einfärben.

Die empfohlene Schichtstärke beträgt ca. 0,2 - 0,5 mm (= Pinselstrichstärke), der Verbrauch entsprechend etwa 0,2 - 0,5 kg/m².

Verarbeitung

Negativform sorgfältig mit Trennmittel vorbehandeln. Gelcoat aufrühren. Nur kleine Ansätze mit Härter anrühren, die innerhalb der Topfzeit aufgetragen werden können. Mischgefäß 1 Minute stehen lassen, damit die eingerührte Luft aufsteigen kann. Gelcoat mit einem Borstenpinsel (R&G Laminierpinsel oder Modler) aufstreichen, dabei vor allem die Kanten gründlich ausstreichen, um Lufteinschlüsse zu vermeiden.

Alle Schichten sollten **naß-in-naß** verarbeitet werden. Das Gelcoat darf **nicht aushärten**, da sonst kein guter Verbund zum nachfolgenden Laminat entsteht.

Härter

EP-Gelcoat farblos wird standardmäßig mit Härter S oder L verarbeitet. Daraus hergestellte Deckschichten sind bis ca. 60 °C belastbar. Für eine höhere Wärmeformbeständigkeit kann Härter VE 3261 eingesetzt werden (MV 100 : 24 Gewichtsteile). Das Bauteil muß dann allerdings 10 h bei 60 - 80 °C getempert werden.

Packungsgrößen von 0,5 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 120 135-X

EP GEL COAT COLOURLESS

TRANSPARENT GEL COAT

Description

- **Transparent, mixes with EP colour pastes**
- **Thixotropic (non-drip)**
- **Manufactured in vacuum, so optimally free of air bubbles and homogeneous**

Range of applications

EP gel coat colourless is a thixotropic (thickened or inspissated) overlay resin that is applied as the first coat to the female mould to form the outside of the component.

Properties

The overlay with high resin content protects the laminate against UV radiation, moisture, and other environmental effects. In addition, an optimal surface free of air bubbles is produced that can be coated without further filling work.

EP gel coat colourless can be mixed with all EP colour pastes.

The recommended coat thickness is approx. 0.2–0.5 mm (as applied with a brush), in other words a consumption of about 0.2–0.5 kg/m².

Processing

Carefully pretreat the female mould with a release agent. Stir up the gel coat. Mix only small quantities with the hardener that can be applied within the pot life. Set aside the mixing vessel for one minute so that any air trapped through mixing can pass up and out of the mixture. Apply the gel coat with a bristle brush (R&G laminating or modelling brush), with especial thoroughness to the edges to prevent air inclusions.

All coats should be applied **wet-in-wet**. The gel coat must **not** be allowed to **cure**, otherwise there will be no strong bonding to the following laminate.

Hardeners

The standard hardeners for EP gel coat colourless are hardener S or L. Overlays manufactured from these are resistant up to about 60 °C. For a higher temperature resistance, hardener VE 3261 can be used (mixing ratio 100:24 parts by weight). However, the component must then be annealed for ten hours at 60–80 °C.

Packaging sizes from 0.5 kg to 25 kg
Order no. 120 135-X



Daten

Specifications

EP-Gelcoat farblos <i>EP gel coat colourless</i>	Einheit <i>Unit</i>	Härter S <i>Hardener S</i>	Härter L <i>Hardener L</i>	Härter VE 3261 <i>Hardener VE 3261</i>
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung <i>Processing time for 100 g mixture</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	20	40	90
Mischungsverhältnis 100 Gewichtsteile EP-Gelcoat farblos <i>Mixing ratio on 100 parts by weight of EP gel coat colourless</i>	Gewicht (g) <i>Weight (g)</i>	38	38	24
Gelierzzeit (Schicht 0,2 mm) <i>Gelling time (0.2 mm coat)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	1,5	3	4
Aushärtezeit <i>Curing time (1 mm laminate)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	24	24	24 + Temperung *) <i>24 + annealing*)</i>
Wärmebelastbarkeit <i>Heat resistance</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	60	60	max. 140 <i>max. 140</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	—	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	—	farblos-gelblich <i>colourless-yellow</i>	farblos-gelblich <i>colourless-yellow</i>	farblos-gelblich <i>colourless-yellow</i>
Lagerung (verschlossen, 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12	12	12

*) Temperung 10 h / 50 - 60 °C empfohlen.

*) *Annealing at 50 - 60 °C for 10 h recommended.*



Auftragen einer farblosen Deckschicht
in eine GFK-Segelflugzeugform.

*A colourless overlay being applied
to a GRP glider mould.*

EP-GELCOAT WEISS

WEISSES FEINSCHICHTHARZ

Beschreibung

- Thixotrop (nicht ablaufend)
- Unter Vakuum hergestellt, daher optimal luftblasenfrei und homogen

Anwendungsgebiet

EP-Gelcoat weiß ist ein thixotropes (eingedicktes) Deckschichtharz (Feinschichtharz), das als erste Schicht in die Negativform gestrichen wird und die Außenseite des Bauteils bildet.

Eigenschaften

Die harzreiche Deckschicht schützt das Laminat vor UV-Strahlung, Feuchtigkeit und anderen Umwelteinflüssen. Zudem wird eine optimale, luftblasenfreie Oberfläche erzielt, die ohne weiteres Spachteln lackiert werden kann.

Die empfohlene Schichtstärke beträgt ca. 0,2 - 0,5 mm (= Pinselstrichstärke), der Verbrauch entsprechend etwa 0,3 - 0,6 kg/m².

Verarbeitung

Negativform sorgfältig mit Trennmittel vorbehandeln. Gelcoat aufrühren. Nur kleine Ansätze mit Härter anrühren, die innerhalb der Topfzeit aufgetragen werden können. Mischgefäß 1 Minute stehen lassen, damit die eingerührte Luft aufsteigen kann. Gelcoat mit einem Borstenpinsel (R&G Laminierpinsel oder Modler) aufstreichen, dabei vor allem die Kanten gründlich ausstreichen, um Lufteinschlüsse zu vermeiden.

Für eine optimale Farbabweckung zwei dünne Schichten auftragen. Dabei die 1. Schicht vor dem Überstreichen 2 - 4 h angelieren lassen.

Alle Schichten sollten **naß-in-naß** verarbeitet werden. Das Gelcoat darf **nicht aushärten**, da sonst kein guter Verbund zum nachfolgenden Laminat entsteht.

Härter

EP-Gelcoat weiß wird mit Härter HT 2 W verarbeitet.

Packungsgrößen von 0,5 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 120 140-X

EP GEL COAT WHITE

WHITE GEL COAT

Description

- Thixotropic (non-drip)
- Manufactured in vacuum, so optimally free of air bubbles and homogeneous

Range of applications

EP gel coat white is a thixotropic (thickened or inspissated) overlay resin that is applied as the first coat to the female mould to form the outside of the component.

Properties

The overlay with high resin content protects the laminate against UV radiation, moisture, and other environmental effects. In addition, an optimal surface free of air bubbles is produced that can be coated without further filling work.

The recommended coat thickness is approx. 0.2–0.5 mm (as applied with a brush), in other words a consumption of about 0.3–0.6 kg/m².

Processing

Carefully pretreat the female mould with a release agent. Stir up the gel coat. Mix only small quantities with the hardener that can be applied within the pot life. Set aside the mixing vessel for one minute so that any air trapped through mixing can pass up and out of the mixture. Apply the gel coat with a bristle brush (R&G laminating or modelling brush, with especial thoroughness to the edges to prevent air inclusions).

For the optimal opacity, apply two thin coats. The second coat should be applied after the first coat has been allowed to gel partly for two to four hours.

All coats should be applied **wet-in-wet**. The gel coat must **not** be allowed to **cure**, otherwise there will be no strong bonding to the following laminate.

Hardeners

The standard hardener for EP gel coat white is hardener HT 2 W.

Packaging sizes from 0.5 kg to 25 kg
Order no. 120 140-X



Daten
Specifications

EP-Gelcoat weiß <i>EP gel coat white</i>	Einheit <i>Unit</i>	EP-Gelcoat weiß <i>EP gel coat white</i>	Härter HT 2 W <i>Hardener HT 2 W</i>
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung <i>Processing time for 100 g mixture</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>		50
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewicht (g) <i>Weight (g)</i>	100	35
Gelierzzeit (Schicht 0,2 mm) <i>Gelling time (0.2 mm coat)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>		3
Aushärtezeit <i>Curing time (1 mm laminate)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>		24
Wärmebelastbarkeit <i>Heat resistance</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>		60
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	pastös <i>pasty</i>	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---		weiß <i>white</i>
Lagerung (verschlossen, 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>		12



Transrapid

Transrapid®

FORMENHARZ P

HOCHGLANZPOLIERBARES, HARTELASTISCHES FORMENHARZ

Beschreibung

- Hartelastisch, kantenfest
- Gut schleif- und polierbar
- Thixotrop (nicht ablaufend)
- Unter Vakuum hergestellt, daher optimal luftblasenfrei und homogen

Anwendungsgebiet

Formenharz P ist ein thixotropes (eingedicktes) Deck-schichtharz (Feinschichtharz), das als erste Schicht auf das abzuformende, mit Trennmittel behandelte Urmodell aufgetragen wird.

Eigenschaften

Oberflächen aus Formenharz P lassen sich gut nacharbeiten (z.B. durch Schleifen und Polieren). Die empfohlene Schichtstärke beträgt ca. 1 mm, der Verbrauch entsprechend etwa 1,5 kg/m². Die Kantenfestigkeit ist fast so hoch, wie bei den Alu- oder Stahlpulverharzen.

Verarbeitung

Urmodell sorgfältig mit Trennmittel vorbehandeln. Formenharz gründlich aufrühren. Nur kleine Ansätze mit Härter anrühren, die innerhalb der Topfzeit aufgetragen werden können. Mischgefäß 1 Minute stehen lassen, damit die eingerührte Luft aufsteigen kann. Formenharz mit einem Borstenpinsel (R&G Laminierpinsel oder Modler) aufstreichen, dabei vor allem die Kanten gründlich austreichen, um Luftpneinschlüsse zu vermeiden.

Das tragende Laminat der Form wird z.B. mit Epoxydharz L und Härter L bzw. bei warmfesten Formen aus Epoxydharz L/Härter VE 3261 hergestellt. Alle Schichten sollten naß-in-naß aufgebaut werden. Das Formenharz darf **nicht aushärten**, da sonst kein guter Verbund zum Laminat entsteht. Gegebenenfalls kann die nasse Formenharzschicht mit gemahlener Glasfaser (0,2 mm) bestreut werden. Dadurch ergibt sich auch nach dem Aushärten ein fester, mechanischer Verbund mit dem Laminierharz.

Härter

Formenharz P wird mit Härter VE 2723 (vormals Härter P) oder VE 3261 verarbeitet. Daraus hergestellte Formen sind bis ca. 60 °C (Härter VE 2723) oder max. 130-140 °C (Härter VE 3261) einsatzfähig.

Wichtig: Oberflächen aus Formenharz P mit **Härter VE 3261** sind **nicht styrolbeständig**. Wenn in den Formen mit Polyesterharz/UP-Vorgelat gearbeitet wird, muß das Formenharz P mit Härter VE 2723 verarbeitet werden!

Packungsgrößen von 0,5 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 115 159-X, 115 160-X

MOULD RESIN P

HIGH-GLOSS, HARD-ELASTIC MOULD RESIN

Description

- Hard elastic, good edge strength
- Good grinding and polishing properties
- Thixotropic (non-drip)
- Manufactured in vacuum, so optimally free of air bubbles and homogeneous

Range of applications

Mould resin P is a thixotropic (thickened or inspissated) overlay resin that is applied as the first coat to the master pattern treated with a release agent.

Properties

Surfaces of mould resin P can be finished without any problems (e.g. ground and polished). The recommended coat thickness is approx. 1 mm, the corresponding consumption about 1.5 kg/m². The edge strength is almost as good as that of aluminium or steel powder resin.

Processing

Carefully pretreat the master pattern with a release agent. Stir up the mould resin thoroughly. Mix only small quantities with the hardener that can be applied within the pot life. Set aside the mixing vessel for one minute so that any air trapped through mixing can pass up and out of the mixture. Apply the mould resin with a bristle brush (R&G laminating or modelling brush), with especial thoroughness to the edges to prevent air inclusions.

The base laminate for the mould is manufactured, for example, from epoxy resin L and hardener L or, in the case of heatproof moulds, from epoxy resin L and hardener VE 3261. All coats should be applied wet-in-wet. The mould resin must **not be allowed to cure**, otherwise there will be no strong bonding to the following laminate. If necessary, milled glass fibres (0.2 mm) can be strewn on the wet mould resin coat. This ensures a strong, mechanical bond to the laminating resin also after curing.

Hardeners

Mould resin P is mixed with hardener VE 2723 (formerly hardener P) or VE 3261. Moulds made of these systems are heat-resistant to about 60 °C (hardener VE 2723) or max 130-140 °C (hardener VE 3261).

Important: Surfaces of mould resin P with **hardener VE 3261** are **not resistant to styrene**. When a mixture of polyester resin and UP pre-gel is used in the moulds, mould resin P must be processed with hardener VE 2723!

Packaging sizes from 0.5 kg to 25 kg
Order no. 115 159-X



Daten
Specifications

Formenharz P <i>Mould resin P</i>	Einheit <i>Unit</i>	Formenharz P <i>Mould resin P</i>	Härter VE 2723 <i>Hardener VE 2723</i>	Härter VE 3261 <i>Hardener VE 3261</i>
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewicht (g) <i>Weight (g)</i>	100	17	17
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung <i>Processing time for 100 g mixture</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	---	25	90
Gelierzzeit (Schicht 1 mm) <i>Gelling time (1 mm coat)</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	---	2	4
Aushärzeit <i>Curing time</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	---	24	24 + 10 h 60 °C 24 + 10 h at 60 °C
Wärmebelastbarkeit der Oberflächen <i>Heat resistance of surfaces</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	---	60	max. 140 (bei Temperaturung 10 h/120 °C) max 140 (after annealing 10 h at 120 °C)
Viskosität <i>Viscosity of mixture</i>	mPa s/25 °C	thixotrop <i>thixotropic</i>	1650	200
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,40	---	---
Aminäquivalent <i>Amine equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	---	42	44,3
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	pastös <i>pasty</i>	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	schwarz <i>black</i>	gelb-rot <i>yellowy red</i>	gelb <i>yellow</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³	1,47	---	1,0
Lagerung (verschlossen, bei min. 15 °C) <i>Storage (sealed at min 15°C)</i>	Monate <i>Months</i>	12	12	12

Eigenschaften des gehärteten Harzes
Properties of the cured resin

Härte <i>Hardness</i>	Shore D	---	88	n.b. <i>u.</i>
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	J/m ²	---	11	n.b. <i>u.</i>
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	MPa	---	83	n.b. <i>u.</i>
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	---	130	n.b. <i>u.</i>

n.b. = nicht bestimmt

u. = undefined

ALU-FORMENHARZ

WÄRMEFESTES FORMENHARZ

Beschreibung

- Hohe Kantenfestigkeit
- Sehr gute Wärmeleitfähigkeit
- Thixotrop (nicht ablaufend)
- Unter Vakuum hergestellt, daher optimal luftblasenfrei und homogen

Anwendungsgebiet

Alu-Formenharz ist ein thixotropes (eingedicktes) Deckschichtharz (Feinschichtharz), das als erste Schicht auf das abzuformende, mit Trennmittel behandelte Urmodell aufgetragen wird. Es eignet sich vor allem für Kunststoff-Verarbeitungsformen, RIM-Formen, Schäumwerkzeuge, Blas- und Tiefziehformen.

Eigenschaften

Das Harz enthält Aluminiumpulver, das neben einer hohen Kantenfestigkeit vor allem eine schnelle Wärmeverteilung bei Tempervorgängen ergibt. Die empfohlene Schichtstärke beträgt ca. 1 mm, der Verbrauch entsprechend etwa 1,3 kg/m². Das Harz härtet bei Raumtemperatur an. Vor dem Entformen muß jedoch warmgehärtet werden.

Verarbeitung

Alu-Pulver ist ein abrasiver Füllstoff. Bei der Verarbeitung mittels Pinsel besteht die Gefahr, daß der Trennfilm beschädigt wird. Beim Gebrauch von Wachstrennmitteln sind Vorversuche empfehlenswert.

Wir empfehlen als Trennmittel R&G Grundierwachs mit Folientrennmittel, da dieses System auch mechanisch relativ unempfindlich ist. In jedem Fall sollte das Alu-Formenharz mit einem weichen Pinsel (R&G Laminierpinsel Best.-Nr. 335 125-1) nicht zu dünn (ca. 1 mm) aufgestrichen werden.

Formenharz vor Verarbeitung gründlich aufrühren. Nur kleine Ansätze mit Härter anrühren, die innerhalb der Topfzeit aufgetragen werden können. Mischgefäß 1 Minute stehen lassen, damit die eingerührte Luft aufsteigen kann. Das tragende Laminat der Form wird -je nach dem für das Alu-Formenharz verwendeten Härter- mit einem kalt- oder warmhärtenden Epoxydharz aufgebaut. Alle Schichten sollten naß-in-naß aufgebaut werden. Das Formenharz darf **nicht aushärten**, da sonst kein guter Verbund zum Laminat entsteht. Gegebenenfalls kann die *naße* Formenharzschicht mit gemahlener Glasfaser (0,2 mm) bestreut werden. Dadurch ergibt sich auch nach dem Aushärten ein fester, mechanischer Verbund mit dem Laminierharz.

Härter

Alu-Formenharz wird mit den Härtern A oder VE 3261 verarbeitet. Für Gießanwendungen kann das Alu-Formenharz mit Härter VE 3261 verwendet werden (Mischungsverhältnis 100 : 7 Gewichtsteile). Damit lassen sich wärmefeste Schichten von ca. 20 mm in einem Arbeitsgang herstellen.

Packungsgrößen von 0,5 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 115 129-X, 115 130-X

ALUMINIUM MOULD RESIN

HEAT-RESISTANT MOULD RESIN

Description

- Good edge strength
- Excellent thermal conductivity
- Thixotropic (non-drip)
- Manufactured in vacuum, so optimally free of air bubbles and homogeneous

Range of applications

Aluminium mould resin is a thixotropic (thickened or inspissated) overlay resin that is applied as the first coat to the master pattern treated with a release agent. It is above all suitable for plastic processing moulds, RIM moulds, foaming moulds, blowing moulds, and deep-drawing dies.

Properties

The resin contains aluminium powder that not only gives rise to a good edge strength, but above all distributes the heat quickly during annealing processes. The recommended coat thickness is approx. 1 mm, the corresponding consumption about 1.3 kg/m². Although the resin cures at room temperature, it must first be annealed before it is demoulded.

Processing

Aluminium powder is an abrasive filler. When applied with a brush, it can damage the release film. Preliminary tests are advisable before wax release agents are used. Owing to the system's relative insensitivity to mechanical effects, we recommend R&G priming wax with a film release agent. In all cases, the aluminium mould resin should be applied not too thinly (approx. 1 mm) with a soft brush (R&G laminating brush, order no. 335 125-1). Stir up the mould resin thoroughly before processing it. Mix only small quantities with the hardener that can be applied within the pot life. Set aside the mixing vessel for one minute so that any air trapped through mixing can pass up and out of the mixture. Depending on the hardener used for the aluminium mould resin, the base laminate for the mould is laid up with a cold- or hot-curing epoxy resin. All coats should be applied wet-in-wet. The mould resin **must not be allowed to cure**, otherwise there will be no strong bonding to the following laminate. If necessary, milled glass fibres (0.2 mm) can be strewn on the wet mould resin coat. This ensures a strong, mechanical bond to the laminating resin also after curing.

Hardeners

Aluminium mould resin is mixed with the hardeners A or VE 3261. For casting applications, aluminium mould resin with hardener VE 3261 can be used (mixing ratio 100 : 7 parts by weight). This allows heat-resistant coats of approx. 20 mm to be manufactured in one working cycle.

Packaging sizes from 0.5 kg to 25 kg
Order nos. 115 129-X, 115 130-X



Wichtig: Oberflächen aus Alu-Formenharz mit **Härter VE 3261** sind **nicht styrolbeständig**. Wenn in den Formen mit Polyesterharz/UP-Vorgelat gearbeitet wird, muß das Alu-Formenharz mit Härter A verarbeitet werden!

Important: Surfaces of aluminium mould resin with **hardener VE 3261** are **not resistant to styrene**. When a mixture of polyester resin and UP pre-gel is used in the moulds, the aluminium mould resin must be processed with hardener A!

Aufgrund seiner hohen Dichte kann sich der Füllstoff absetzen. Dabei bildet sich ein harter Bodensatz, der vor der Verarbeitung sorgfältig, ggf. unter Erwärmung des Harzes im Wasserbad, aufgerührt werden muß. Es empfiehlt sich, die Gebinde auf dem Deckel stehend zu lagern.

Its high density means that the filler can precipitate out, forming a hard deposit that must be carefully dissolved and remixed (if necessary under the application of heat to the resin in a water bath), before it can be processed. One recommended precaution is to store the packaging drum upside down.

Daten

Specifications

Alu-Formenharz Aluminium mould resin	Einheit Unit	Alu-Formenharz Aluminium mould resin	Härter A Hardener A	Härter VE 3261 Hardener VE 3261
Mischungsverhältnis Mixing ratio	Gewicht (g) Weight (g)	100	12	15
Verarbeitungszeit 100 g-Mischung Processing time for 100 g mixture	Minuten/20 °C Minutes at 20 °C	---	25	90
Gelierzeit (Schicht 1 mm) Gelling time (1 mm coat)	Stunden/20 °C Hours at 20 °C	---	1,5	4
Aushärtezeit Curing time	Stunden/20 °C Hours at 20 °C	---	24	24 + 10 h 60 °C 24 + 10 h at 60 °C
Wärmebelastbarkeit der Oberflächen Heat resistance of surfaces	°C (ca.) °C (approx.)	---	60	max. 140 (bei Temperung 10 h/120 °C) max 140 (after annealing 10 h at 120 °C)
Viskosität Viscosity	mPa s/25 °C	12000	200	200
Epoxydwert Epoxy value	100/Äquivalent 100/Equivalent	0,34	---	---
Aminäquivalent Amine equivalent	g/Äquivalent g/Equivalent	---	34	44,5
Lieferform Delivered state	---	pastös pasty	flüssig liquid	flüssig liquid
Farbe Colour	---	grau grey	rötlich/gelblich reddish/yellowish	farblos/gelblich colourless/yellowish
Dichte Density	g/cm ³ /20 °C	1,46	1,04	1,0
Lagerung (verschlossen, bei min. 15°C) Storage (sealed at min 15°C)	Monate Months	12	12	12



REPAIR STICKS

KNETBARES EPOXYDHARZ FÜR REPARATUR- UND WARTUNGSARBEITEN

Beschreibung

- Gute Haftung auf unterschiedlichen Werkstoffen
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- Gute Chemikalienfestigkeit

Einsatzgebiet

Die gehärteten Formmassen sind wärmebelastbar von -35 °C bis +120 °C. Sie sind beständig gegen Alkohole, Ester, Salzwasser, Öle und die meisten Säuren und Laugen. Sie enthalten keine Lösemittel und härten praktisch schrumpffrei aus.

Das gehärtete Material läßt sich mechanisch bearbeiten (bohren, schleifen, fräsen) und ohne Vorbehandlung überlackieren.

Die Haftung auf Metall, Holz, Glas, Keramik, Beton und vielen Kunststoffen (incl. GFK) ist sehr gut.

Repair Sticks sind einfach in der Handhabung:

Abschneiden - Verkneten - Verarbeiten.

Auch für kleine Reparaturen jederzeit portionierbar.

ST 115 Aqua

Ideal für schnelle Reparaturen auf **feuchten und nassen Flächen**, sowie für **Unterwasseranwendungen**.

Zum Ausbessern und Abdichten von Rissen, Löchern, Leckagen und Undichtigkeiten an Benzin- und Wassertanks, Heizkörpern, elektrischen Schaltanlagen, Sanitäreinrichtungen, Schwimmbädern und im maritimen Bereich.

Packungsgröße 115 g
Bestell-Nr. 155 120-1

ST 115 Aluminium

Für schnelle **Reparaturen** und **Verklebungen von Metallteilen**. Zum Ausbessern und Abdichten von Rissen, Löchern, Leckagen und Undichtigkeiten an Karosserien, Getriebegehäusen und Behältern, Profilen, Booten, Maschinenteilen, ausgerissenen Gewinden.

Packungsgrößen 115 g
Bestell-Nr. 155 125-1

REPAIR STICKS

KNEADABLE EPOXY RESIN FOR REPAIR AND MAINTENANCE WORK

Description

- Good adherence to various materials
- High temperature resistance
- Good chemical resistance

Range of applications

The cured moulding compounds are stable at temperatures ranging from -35 °C to +120 °C. They are resistant to alcohols, esters, salt water, oils, and most acids and alkalis. They do not contain solvents and cure practically free of shrinkage.

The cured material can be machined (drilling, grinding, milling), and a top coat applied without pretreatment.

The epoxy resin adheres well to metal, wood, glass, ceramics, concrete, and many plastics (incl. GRP).

Repair sticks are easy to handle:

cut off – knead – apply.

This also includes small repair work at any time.

ST 115 Aqua



This is ideal for fast repairs on **moist and wet surfaces** as well as for **underwater applications**.

It is used for mending and sealing cracks, holes, leaks, and other flaws in petrol and water tanks, radiators, electric switchgear, sanitary facilities, swimming pools, and in maritime applications.

Packaging size 115 g
Order no. 155 120-1

ST 115 Aluminium



This is used for quickly **repairing and bonding metal parts**; mending and sealing cracks, holes, leaks, and other flaws in body shells; and repairing gearbox housings, vessels, profiles, boats, machine parts, and stripped threads.

Packaging size 115 g
Order no. 155 125-1

Vorbehandlung

Die Oberfläche muß sauber, fettfrei und möglichst angeschliffen sein. Verarbeitung der Repair Sticks bei Raumtemperatur (20 °C). Unter + 5 °C keine Reaktion mehr!

Verarbeitung

Die benötigte Menge abschneiden oder abbrechen. Harz und Härter (innenliegende Härterkomponente mit außenliegendem Harz) solange durchkneten, bis die Mischung eine einheitliche Farbe hat. Bei feuchten und nassen Oberflächen (ST 115 Aqua) wird die Masse unter leichtem Druck angepreßt, bis die Aushärtung beginnt.



Arbeitsschutz

Wir empfehlen das Tragen von Handschuhen. Wird die Masse ohne Hautschutz verarbeitet, müssen die Hände hinterher gründlich mit Wasser und Seife gewaschen werden.

Pretreatment

The surface must be clean, free of grease, and wherever possible roughened with a grinding wheel. The repair sticks must be processed at room temperature (20 °C). Below +5 °C, and they will no longer react!

Processing

Cut or break off the appropriate quantity. Knead the resin and hardener (interior hardener component with exterior resin) until the mixture takes on a uniform colour. The compound must be pressed slightly on moist and wet surfaces (ST 115 Aqua) until curing starts.

Industrial safety

We recommend that gloves are worn. If you process the compound without gloves, you must afterwards wash your hands thoroughly with soap and water.

Daten

Specifications

Repair Sticks <i>Repair sticks</i>	Einheit <i>Unit</i>	ST 115 Aqua <i>ST 115 Aqua</i>	ST 115 Alu <i>ST 115 Aluminium</i>
Bindemittelbasis + Füllung <i>Binder base + filler</i>	---	Epoxydharz, keramisch gefüllt <i>Epoxy resin and ceramic</i>	Epoxydharz, aluminiumgefüllt <i>Epoxy resin and aluminium</i>
Verarbeitungszeit <i>Processing time</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	20	5 - 10
Aushärtezeit <i>Curing time</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	60	30
Endfestigkeit <i>Final strength</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	24	24
Wärmebelastbarkeit <i>Heat resistance</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	-35 bis +120 (kurzfristig +150) <i>-35 to +120 (short-term +150)</i>	-35 bis +120 (kurzfristig +150) <i>-35 to +120 (short-term +150)</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	knetbar <i>kneadable</i>	knetbar <i>kneadable</i>
Farbe nach Mischung <i>Colour after mixing</i>	---	weiß <i>white</i>	aluminium <i>aluminium</i>
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	84	84
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	20	20
Shore-Härte D <i>Shore hardness D</i>	---	75 - 80	75 - 80
Lagerung (verschlossen, bei 18 - 25 °C) <i>Storage (sealed at 18-25 °C)</i>	Monate (min.) <i>Months (min)</i>	18	18



METALLKLEBER E

HOCHFESTER STRUKTURKLEBER FÜR METALLE UND ANDERE MATERIALIEN

Beschreibung

- **Hohe Klebfestigkeit**
- **Zäh-harte Einstellung**
- **Lösemittel- und füllstofffrei**

Anwendungsgebiet

2-Komponenten-Epoxydharzkleber für Aluminium und andere Metalle, Holz, Keramik, Hartschäume und viele Kunststoffe.

Eigenschaften

Aufgrund der relativ geringen Reaktivität steht je nach Mischungsverhältnis eine Verarbeitungszeit von 90 - 120 Minuten zur Verfügung.

Der Klebstoff besitzt eine zäh-harte Einstellung, weshalb er auch bei Erwärmung einer Metallverklebung nicht abplatzt. Die Temperaturbelastbarkeit liegt bei > 100 °C.

Verarbeitung

Aufgrund des Polyaminoamidhärters kann bei diesem Klebesystem in einem Mischungsverhältnis von 100 : 50 bis 100 : 100 (Harz : Härter) dosiert werden. Daraus resultieren unterschiedliche Verarbeitungszeiten und Endfestigkeiten.

Das Klebesystem kann mit Füllstoffen wie Thixotropiermittel, Baumwollflocken, Glasfaser gemahlen, Glass-Bubbles etc. eingedickt werden (z.B. für Reparaturen und Spaltfüllungen).

Packungsgrößen von 0,05 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 158 100-X (Gebinde Harz + Härter),
158 105-X (Harz), 158 110-X (Härter)

Daten

Metallkleber E <i>Metal adhesive E</i>	Einheit <i>Unit</i>	Harz <i>Resin</i>	Härter <i>Hardener</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	gelb-transparent <i>yellow-transparent</i>	gelb-transparent <i>yellow-transparent</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20°C	1,15	0,98
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25°C	43000	800
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,43	---
Aminäquivalent <i>Amine equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	---	120-160
Brechungsindex <i>Refractive index</i>	n _D 25	1,447	---
Wärmebelastbarkeit von Klebungen <i>Heat resistance of bonds</i>	°C (ca.) °C (approx.)		> 100
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 25 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12	12

2.58

METAL ADHESIVE E

HIGH-STRENGTH STRUCTURAL ADHESIVE FOR METALS AND OTHER MATERIALS

Description

- **High bond strength**
- **Tough-hard formulation**
- **Free of solvents and fillers**

Range of applications

Two-component epoxy resin for aluminium and other metals, wood, ceramics, rigid foams, and many plastics.

Properties

Owing to their relatively low reactivities, metal adhesives are available with processing times from 90 to 120 minutes depending on the mixing ratio. The adhesive has a tough-hard formulation, meaning that the bond between metal parts does not split even when heated. The thermal resistance is over 100 °C.

Processing

Owing to the polyamino amine hardener this adhesive system can be dosed in a mixing ratio ranging from 100:50 to 100:100 (resin : hardener). The result is different processing times and final strengths.

The adhesive system can be inspissated with fillers such as thixotropy-enhancing agents, cotton flock, milled glass fibres, glass bubbles, etc. (e.g. for repairs and filling gaps).

Packaging sizes from 0.05 kg to 25 kg
Order nos. 158 100-X (resin and hardener),
158 105-X (resin), 158 110-X (hardener)

Specifications



Bestimmung der Klebefestigkeit von einschnittig überlappten Klebungen

(Zugscherversuch) nach DIN 53238, gemessen an Probekörpern nach DIN 53281-T02-79-A

Determining the bond strength of overlapped single-shear bonds

(lap shear test) as per DIN 53238, measured on test specimens complying with DIN 53281-T02-79-A

1. Mischungsverhältnis 100 : 50 Gewichtsteile, Verarbeitungszeit ca. 120 Minuten

1. Mixing ratio 100:50 parts by weight, processing time approx. 120 minutes

Klebefestigkeiten Bond strengths	MPa nach 24 h/20 °C MPa after 24 h at 20 °C	20
	MPa nach 24 d/20 °C MPa after 24 d at 20 °C	29
	MPa nach 7 d/20 °C + 2 h bei 100 °C MPa after 7 d at 20 °C + 2 h at 100 °C	31

2. Mischungsverhältnis 100 : 80 Gewichtsteile, Verarbeitungszeit ca. 110 Minuten

2. Mixing ratio 100:80 parts by weight, processing time approx. 110 minutes

Klebefestigkeiten Bond strengths	MPa nach 24 h/20 °C MPa after 24 h at 20 °C	18
	MPa nach 24 d/20 °C MPa after 24 d at 20 °C	25
	MPa nach 7 d/20 °C + 2 h bei 100 °C MPa after 7 d at 20 °C + 2 h at 100 °C	26

3. Mischungsverhältnis 100 : 100 Gewichtsteile, Verarbeitungszeit ca. 90 Minuten

3. Mixing ratio 100:100 parts by weight, processing time approx. 90 minutes

Klebefestigkeiten Bond strengths	MPa nach 24 h/20 °C MPa after 24 h at 20 °C	15
	MPa nach 24 d/20 °C MPa after 24 d at 20 °C	20
	MPa nach 7 d/20 °C + 2 h bei 100 °C MPa after 7 d at 20 °C + 2 h at 100 °C	24



Höhenforschungsrakete der ERIG

(Experimentalraketen Interessengemeinschaft) an der TU Braunschweig

Länge: 190 cm
Gewicht: 7 kg

Verschiedene Teile wurden aus R&G Faserverbundwerkstoffen hergestellt.

Weitere Informationen unter:
www.tu-bs.de/studenten/erig

High-altitude sounding rocket developed by ERIG,

(a knowledge pool for experimental rockets) at the university TU Braunschweig

Length 190 cm
Weight 7 kg

Various parts were manufactured from R&G fibre composites.

Further information is available at
www.tu-bs.de/studenten/erig

5 - MIN. - EPOXY

SCHNELLHÄRTENDER MONTAGEKLEBER

Beschreibung

- **Hohe Klebfestigkeit**
- **Schleifbar (zäh-harte Einstellung)**
- **Lösemittel- und füllstofffrei**
- **Kristallisationsfrei (Basis Bisphenol A/F)**

Anwendungsgebiet

Schnellhärtender 2-Komponenten-Epoxydharzkleber für Holz, Metall, Keramik, Hartschäume und viele Kunststoffe.

Verarbeitung

Aufgrund der hohen Reaktivität steht selbst bei kleinen Ansatzmengen nur eine Verarbeitungszeit von 5 Minuten zur Verfügung.

Die Dosierung im Mischungsverhältnis 1:1 erfolgt nach Augenmaß, indem gleiche Volumenmengen Harz + Härter auf eine geeignete Unterlage (Folie, Papier) gegeben werden. Danach wird sofort mit einem Rührstäbchen gemischt. Die anfangs klaren Komponenten erhalten eine leicht milchige Farbe. Diese Mischung muß ohne Verzug verarbeitet werden.

Nach spätestens 5 Minuten beginnt der Kleber zu gelieren, bereits nach 10 Minuten ist die Klebestelle belastbar.

Spaltfüllungen sind möglich, generell gilt für Verklebungen: dünnere Klebefugen ergeben höhere Zugscherfestigkeiten.

Das Klebesystem kann mit Füllstoffen wie Thixotropiermittel, Baumwollflocken, Glasfaser gemahlen, Glas-Bubbles etc. eingedickt werden (z.B. für Reparaturen und Spaltfüllungen).

Packungsgrößen von 50 g bis 30 kg

Bestell-Nr.	Gebinde Harz + Härter	155 100 - X
	Harz	155 105 - X
	Härter	155 110 - X

5 - MIN. EPOXY

FAST-SETTING ASSEMBLY GLUE

Description

- **High bond strength**
- **Good grinding properties (tough-hard formulation)**
- **Free of solvents and fillers**
- **Free of crystallisation (based on bisphenol A/F)**

Range of applications

Fast-setting two-component epoxy resin adhesive for wood, metal, ceramics, rigid foams, and many plastics.

Processing

Owing to their high reactivities, even small quantities permit a processing time of five minutes only.

The components are dosed in the ratio 1:1 by eye, whereby equal volumes of resin and hardener are placed on a suitable surface (film, paper). The constituents are then mixed immediately with a stirring rod. The constituents, clear to start with, take on a slightly milky colour. This mixture must be applied without delay.

After five minutes at the latest, the adhesive starts to gel and after a further ten minutes loads can be applied to the bond. The compound can also be used to fill gaps, but in general the thinner the glued bond, the higher the lap shear strength. The adhesive system can be inspissated with fillers such as thixotropy-enhancing agents, cotton flock, milled glass fibres, glass bubbles, etc. (e.g. for repairs and filling gaps).

Packaging sizes from 50 g to 30 kg

Order nos.	resin and hardener	155 100 - X
	resin	155 105 - X
	hardener	155 110 - X

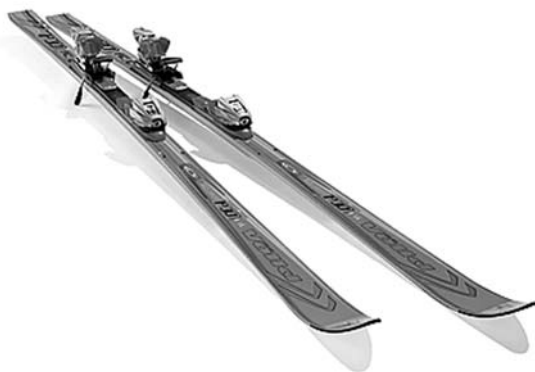


Daten
Specifications

5-Min.-Epoxy <i>5-minute epoxy</i>	Einheit <i>Unit</i>	Harz <i>Resin</i>	Härter <i>Hardener</i>
Verarbeitungszeit 20 g-Mischung <i>Processing time for 20 g mixture</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>		5
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewicht/Vol. <i>Weight / Volume</i>		1:1
Festigkeit ¹⁾ nach 10 min. <i>Strength¹⁾ after 10 min.</i>	MPa		1,7
15 min.	MPa		6,8
30 min.	MPa		14,8
60 min.	MPa		15,1
2 h	MPa		17,0
24 h	MPa		18,9
Wärmebelastbarkeit <i>Heat resistance</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>		60
Lieferform <i>Delivered state</i>	---		flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	gelblich/transparent <i>yellowish / transparent</i>	gelblich/transparent <i>yellowish / transparent</i>
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa s	9000 - 13000	10000 - 14000
Epoxydwert <i>Epoxy value</i>	100/Äquivalent <i>100/Equivalent</i>	0,54	---
Aminäquivalent <i>Amine equivalent</i>	g/Äquivalent <i>g/Equivalent</i>	---	185
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³	1,17	1,14
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 25 °C)</i>	Monate <i>Months</i>		12

¹⁾ Klebfestigkeit nach DIN 53283, gemessen an Probekörpern nach DIN 53281-T 02.

¹⁾ Strength as defined under DIN 53283, measured on test specimens complying with DIN 53281-T02



Epoxydharzkleber werden als Montage- und Strukturklebstoffe für Hochbelastete Bauteile verwendet.



Foto: Bakelite

Epoxy resin is a constituent of assembly and structural adhesives for highly loaded components



EPOXYD MINUTENKLEBER

SCHNELLHÄRTENDER MONTAGEKLEBER

Beschreibung

- Hohe Klebfestigkeit
- Zäh-harte Einstellung
- Lösemittel- und füllstofffrei

Anwendungsgebiet

Schnellhärtender 2-Komponenten-Epoxydharzkleber für Holz, Metall, Keramik, Hartschäume und viele Kunststoffe.

Verarbeitung

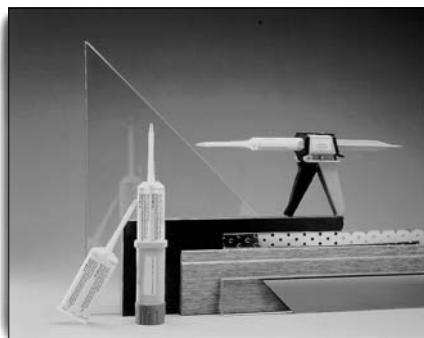
Aufgrund der hohen Reaktivität steht selbst bei kleinen Ansatzmengen nur eine Verarbeitungszeit von 5 Minuten zur Verfügung. Nach spätestens 5 Minuten beginnt der Kleber zu gelieren, bereits nach 10 Minuten ist die Klebestelle belastbar.

Spaltfüllungen sind möglich, generell gilt für Verklebungen: dünnere Klebefugen ergeben höhere Zugscherfestigkeiten.

Dosierung im Mischungsverhältnis 1 : 1 mit der Easy-Mix-Dosierpistole, das Durchmischen der Komponenten erfolgt durch ein statisches Mischrohr. Sauberkeit und einfache Handhabung sind garantiert. Insbesondere in der Serienfertigung lassen sich dadurch erhebliche Kosten einsparen.

Der **Epoxy Minutenkleber** ist **nicht identisch** mit dem R&G 5-Minuten-Epoxy, weist jedoch bei erhöhter Bruchdehnung ähnliche Eigenschaften und Festigkeitswerte auf.

Doppelspritze 50 g	Bestell-Nr. 155 116-X
Dosierpistole	Bestell-Nr. 330 175-1
Mischrohr	Bestell-Nr. 330 175-2



Das Easy-Mix Dosiersystem, bestehend aus Epoxyd-Minutenkleber, Dosierpistole und Mischrohr.

The Easy Mix dosing system consisting of epoxy minute adhesive, dosing gun, and mixer tube

EPOXY MINUTE ADHESIVE

FAST-SETTING ASSEMBLY GLUE

Description

- High bond strength
- Tough-hard formulation
- Free of solvents and fillers

Range of applications

Fast-setting two-component epoxy resin adhesive for wood, metal, ceramics, rigid foams, and many plastics.

Processing

Owing to their high reactivities, even small quantities permit a processing time of five minutes only. After five minutes at the latest, the adhesive starts to gel and after a further ten minutes loads can be applied to the bond.

The compound can also be used to fill gaps, but in general the thinner the glued bond, the higher the lap shear strength.

The components are dosed in the ratio 1:1 with the Easy Mix dosing gun, and the constituents mixed through a static mixer tube. Purity and simple handling are ensured. This contributes towards considerable cost savings in particular in series production.

The **epoxy minute adhesive** is **not identical** to the R&G five-minute epoxy, but it does exhibit similar properties and mechanical values with increased elongation at break.

Double injector unit 50 g	order no. 155 116-X
Dosing gun	order no. 330 175-1
Mixer tube	order no. 330 175-2



Daten
Specifications

Epoxyd Minutenkleber <i>Epoxy minute adhesive</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Verarbeitungszeit <i>Processing time</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	3 - 4
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewicht/Vol. <i>Weight / Volume</i>	1:1
Festigkeit ¹⁾ nach <i>Strength¹⁾ after</i>	15 min./min.	1
	60 min./min.	10
	3 Tagen/days	22
Wärmebelastbarkeit <i>Heat resistance</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	60
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	gelblich/transparent <i>yellowish / transparent</i>
Mischviskosität <i>Viscosity of mixture</i>	mPa·s	7000
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³	1,1
Lagerung (verschlossen, bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12

¹⁾ Klebfestigkeit nach DIN 53283, gemessen an Probekörpern nach DIN 53281-T 02.

¹⁾ Strength as defined under DIN 53283, measured on test specimens complying with DIN 53281-T02



Flugzeug-Montage

Aircraft assembly



SEKUNDENKLEBER

SCHNELLHÄRTENDER CYANACRYLATKLEBER

Beschreibung

- Einkomponentig
- Glasklar
- Härtet in Sekunden

Anwendungsgebiet

Cyanacrylate sind durch Luftfeuchtigkeit aushärtende Klebstoffe. Sie polymerisieren in Sekundenschnelle beim Kontakt mit schwach basischen Oberflächen. Die Feuchtigkeit der Luft und an der Klebefläche genügt, um eine Aushärtung in wenigen Sekunden zu initiieren.

Sekundenkleber eignen sich zum Verbinden planer Füge-teile, zum Verfestigen von Karton, Kohlerovings etc. und für Spaltfüllungen mit Glass-Bubbles. Spaltfüllungen sind ohne Füllstoff bis 0,2 mm möglich.

Für die Verklebung geeignete Werkstoffe sind Metalle, Gummi, Holz, Keramik und viele Kunststoffe.

Folgende Typen sind lieferbar

XT

Niedrigviskoses Cyanacrylat auf modifizierter Ethylesterbasis. Härtet blitzartig nach dem Zusammenfügen der Bauteile.

Packungsgröße 20 g
Bestell-Nr. 150 135-X

Dünnflüssig

Niedrigviskoses Cyanacrylat auf modifizierter Ethylesterbasis. Höchste Abbindegeschwindigkeit aller Typen.

Packungsgrößen von 10 g, 20 g, 50 g
Bestell-Nr. 150 115-X

Mittelviskos

Mittelviskoses, schnellhärtendes Cyanacrylat auf modifizierter Ethylesterbasis.

Packungsgrößen von 10 g, 20 g, 50 g
Bestell-Nr. 150 110-X

Dickflüssig

Hochviskoses Cyanacrylat auf Ethylesterbasis. Überbrückt Toleranzen von Füge-teilen bis 0,2 mm und härtet dabei weitgehend spannungsfrei und mit vergleichsweise gutem Arbeitsaufnahmevermögen (guter Schlagzähigkeit).

Packungsgrößen von 10 g, 20 g, 50 g
Bestell-Nr. 150 120-X

Schwarz

Hochviskoses Cyanacrylat auf Ethylesterbasis. Schwarz eingefärbt, speziell für „unsichtbare“ Gummiverklebungen.

Packungsgröße 20 g
Bestell-Nr. 150 130-X

SUPERGLUE

FAST-SETTING CYANOACRYLATE ADHESIVE

Description

- Single-component
- Transparent
- Sets in seconds

Range of applications

Cyanoacrylates are adhesives that set on contact with the humidity in the air. They polymerise in just seconds on contact with weakly alkaline surfaces. The humidity in the air and on the surface is enough to initiate setting in just a few seconds.

Superglues are suitable for joining plane surfaces, for strengthening cardboard, carbon rovings, etc., and for filling gaps with glass bubbles. Gaps up to 0.2 mm can also be repaired without fillers. Materials suitable for bonding with superglue are metals, rubber, wood, ceramics, and many plastics.



The following types are available

XT

Low-viscosity cyanoacrylate on a modified ethyl ester base. Sets almost immediately the parts are joined.

Packing size 20 g
Order no. 150 135-X

Low-viscosity

Low-viscosity cyanoacrylate on a modified ethyl ester base. Fastest setting times of all types.

Packing sizes 10 g, 20 g, 50 g
Order no. 150 115-X

Medium-viscosity

Medium-viscosity, fast-setting cyanoacrylate on a modified ethyl ester base.

Packing sizes 10 g, 20 g, 50 g
Order no. 150 110-X

High-viscosity

High-viscosity cyanoacrylate on an ethyl ester base. Compensates for tolerances up to 0.2 mm between joined surfaces, setting to a great extent free of stress and with relatively good energy absorption capacity (good impact strength).

Packing sizes 10 g, 20 g, 50 g
Order no. 150 120-X

Black

High-viscosity cyanoacrylate on an ethyl ester base. Coloured black, used specifically for invisible joins between rubber surfaces.

Packing size 20 g
Order no. 150 130-X

Daten

Specifications

Sekundenkleber Superglue	Einheit Unit	XT	Dünnflüssig Low-viscosity	Mittelviskos Medium-viscosity	Dickflüssig High-viscosity
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa s	3 - 10	3 - 10	50 - 100	200 - 350
Maximale Spaltfüllung <i>Max filled gap</i>	mm	0,03	0,03	0,07	0,15
Handfestigkeit <i>Hand strength</i>	sec.	1 - 5	2 - 15	10 - 70	5 - 40
Temperaturbeständigkeit <i>Temperature resistance</i>	°C	- 60 bis/to + 80			
Schmelzpunkt (erhärtet) <i>Melting point (set)</i>	°C	140 - 150			
Festigkeitsabfall bei Klebproben nach 100 Tagen Lagerung <i>Loss of strength in glued samples after 100 days' storage</i>	---	6 °C = 100 % beständig/resistant 80 °C = 65 - 75 % beständig/resistant 100 °C = 40 % beständig/resistant			
Verhalten bei Feuchtigkeit <i>Behaviour in contact with humidity</i>	---	95 % rel. Feuchtigkeit = 50 - 60 % beständig 95 % relative humidity = 50 - 60 % resistant			
Löslich in <i>Soluble in</i>		Aceton <i>Acetone</i>			
Lagerung <i>Storage</i>	+ 30 °C + 20 °C + 5 °C - 20 °C	2 Monate/Months 6 Monate/Months 12 Monate/Months nahezu unbegrenzt/almost unlimited			

Vorbehandlung der Klebeflächen

Die Oberflächen müssen bei starker Verschmutzung mit einem guten Fettlösungsmittel wie z.B. Aceton gereinigt werden. Bei Metallen und Kunststoffen sollten die Füge-teile zusätzlich mit feinem Schleifpapier (Korn 360 - 1200) aufgeraut werden. Elastomere wie Gummi oder Siliconkautschuk werden mit Aceton gereinigt.

Verarbeitung

R&G Sekundenkleber wird nur einseitig aufgebracht. Nach kurzem Kontaktdruck polymerisiert der Klebstoff unter Wärmeabgabe. Die Verarbeitung ist äußerst wirtschaftlich, mit einem Tropfen (ca. 0,03 g) kann eine Fläche bis zu 6 cm² verklebt werden.

Für Verklebungen von Holz (speziell Balsa) eignen sich alle angebotenen Viskositäten. Mit dem dickflüssigen Typ lassen sich Leimraupen anbringen, während der dünnflüssige Sekundenkleber nach dem Fixieren der Füge-teile von oben auf eine Klebestelle getropft werden kann, und dabei sofort einzieht (Holzverklebung).

Aushärtung

Die Aushärtung erfolgt katalytisch durch Luftfeuchtigkeit, die sich an der Oberfläche der Füge-teile als hauchdünner Wasserfilm niederschlägt. Sobald der Klebstoff aufgetragen und durch Kontaktdruck dünn verteilt ist, setzt eine rapide Aushärtung innerhalb weniger Sekunden bis Minuten ein. Eine Korrektur der Füge-teile ist nicht möglich.

Die besten Ergebnisse werden bei einer rel. Luftfeuchtigkeit von 40 - 60 % erzielt. Trockenere Luft verlangsamt die Aushärtung, beeinträchtigt aber die Endfestigkeit nicht.

Höhere Feuchtigkeit beschleunigt die Reaktion, kann aber die Endfestigkeit der Verklebung vermindern. Saure Oberflächen mit einem pH-Wert < 7 können die Aushärtung verzögern bzw. verhindern, während basische Oberflächen (pH-Wert > 7) die Reaktion beschleunigen.

Prereating the surfaces for gluing

If heavily soiled, the surfaces must be cleaned with an effective grease solvent such as e.g. acetone. In the case of metals and plastics, the surfaces to be joined must be roughened in addition with a fine abrasive paper (grain 360-1200). Elastomers such as rubber or silicone rubber are cleaned with acetone.

Processing

R&G superglue is applied to one of the surfaces only. After brief contact pressure, the adhesive polymerises, releasing heat in the process. Processing is extremely economical: one drop (approx. 0.03 g) can bond a surface up to 6 cm².

All of the available viscosities are suitable for bonding wood (specifically balsa). The high-viscosity type can be applied as strands, whereas the low-viscosity superglue, once the parts to be joined have been fixed in place, can be dripped from above on to the join where it is immediately absorbed (wood bonding).

Setting

The glue bonds under the catalytic effect of air humidity that precipitates as an extremely thin film of water on the surface of the parts to be joined. As soon as the adhesive has been applied and distributed thinly under brief contact pressure, it begins to set rapidly after only a few seconds to a few minutes. The positions of the parts to be joined can now no longer be readjusted.

The best results are obtained with a relative air humidity of 40-60%. Drier air retards setting, but does not impair the final strength.

Higher humidity accelerates the reaction, but can weaken the final strength of the bond. Acidic surfaces (i.e. of pH values less than 7) can retard and even prevent setting, whereas alkaline surfaces (pH values greater than 7) accelerate the reaction.



Löslichkeit

Die Arbeitsgeräte können mit **Aceton** gereinigt werden, solange der Klebstoff noch nicht gehärtet ist.
Das Lösen von Klebeverbindungen ist thermisch bei > 150 °C oder chemisch mit CA-Löser (R&G Best.-Nr. 150 150-X) möglich.

Solubility

*Tools and equipment can be cleaned with **acetone** provided that the adhesive has not been allowed to set. Glued bonds can be dissolved with heat treatment at temperatures greater than 150 °C or with chemical treatment (CA solvent, R&G order no. 150 150-X).*

Toxikologie

Sekundenkleber besitzen einen stechenden Eigengeruch, eine Gesundheitsschädigung ist jedoch nicht zu erwarten. Der Klebstoff härtet bei Berührung mit der Haut sehr schnell aus, wobei die betreffende Stelle kurzzeitig warm wird. Diese Klebewirkung auf organischem Material ist z.B. für das (ärztliche) Verschließen von Platzwunden, zum Verbinden von Geweberissen, Blutgefäßen oder Nerven vorteilhaft. Ansonsten ist der Hautkontakt zu vermeiden. Es dürfen vor allem keine Spritzer ins Auge gelangen, da diese sofort unter Wärmefreisetzung aushärten. Nach aller Erfahrung regeneriert sich die Hornhaut innerhalb einiger Tage, so daß keine bleibenden Sehstörungen auftreten. In jedem Fall ist ein Augenarzt aufzusuchen.

Toxicological effects

Although superglues have a pungent characteristic odour, there are no known risks to health. The adhesive sets very quickly on contact with the skin, whereby the affected area becomes warm for a short time. This effect of the adhesive on organic material has its advantages, for example, when utilised (by a doctor) to close lacerations and to repair torn tissue, blood vessels, and nerve fibres. In all other instances, contact with the skin must be avoided. Above all, the eyes must be protected against drops of superglue, which will set immediately, releasing heat. Experience has shown that the cornea regenerates after a few days so that impaired vision is not permanent. In all cases, an eye specialist must be consulted.

Zugscherfestigkeiten bei 20 °C

Lap shear strengths at 20 °C

verklebte Werkstoffe <i>glued materials</i>	Einheit <i>Unit</i>	Zugscherfestigkeit <i>Lap shear strength</i>
Stahl/Stahl <i>Steel/Steel</i>	MPa	15 - 25
Aluminium/Aluminium <i>Aluminium/Aluminium</i>	MPa	12 - 18
Kupfer/Kupfer <i>Copper/Copper</i>	MPa	9 - 15
Chrom/Chrom <i>Chromium/Chromium</i>	MPa	10 - 15
ABS/ABS <i>ABS/ABS</i>	MPa	4
Acryl/Acryl <i>Acrylic/Acrylic</i>	MPa	6
Nylon/Nylon <i>Nylon/Nylon</i>	MPa	5
Polystyrol/Polystyrol <i>Polystyrene/Polystyrene</i>	MPa	5
Phenol/Phenol <i>Phenol/Phenol</i>	MPa	6
Stahl/Aluminium <i>Steel/Aluminium</i>	MPa	10 - 14
Stahl/Acryl <i>Steel/Acrylic</i>	MPa	6
Aluminium/ABS <i>Aluminium/ABS</i>	MPa	5
Aluminium/Phenol <i>Aluminium/Phenol</i>	MPa	6

WEITERE PRODUKTE

Dosierkanülen

Stumpfe Metallkanüle zum Aufstecken auf alle Sekundenkleberflaschen. Falls der Klebstoff in der Kanüle aushärtet, kann diese durch kurzes Erhitzen (z.B. in einer Gasflamme) „ausgebrannt“ werden.
Vorsicht wegen Feuergefahr! Augen schützen!

Bestell-Nr. 330 157 - X
Innendurchmesser 0,3 x 13 mm Länge (scharfe Spitze)¹

Bestell-Nr. 330 156 - X
Innendurchmesser 0,4 x 19 mm Länge (scharfe Spitze)¹

Bestell-Nr. 330 155 - X
Innendurchmesser 1,2 x 40 mm Länge (stumpfe Spitze)

¹ Dosierkanülen mit scharfer Spitze vor Kindern fernhalten!

Aktivatorspray

Abbindebeschleuniger für alle gebräuchlichen Sekundenkleber (Pumpspray + Sprühdose). Das Aufsprühen auf die Klebestelle bewirkt eine **sofortige Aushärtung** des Cyanacrylatklebstoffes.

Packungsgröße 150 ml
Bestell-Nr. 150 125 - X

Kontaktfüller

Füllstoff zum Sofort-Verkleben und **Füllen** von Rissen, Spalten, Löchern und Unebenheiten in Verbindung R&G Sekundenklebern.

Packungsgröße 30 g Flasche
Bestell-Nr. 150 155 - 1

CA - Löser

Klebstoff-Entferner für gehärtete Cyanacrylatklebstoffe (Sekundenkleber).

Packungsgröße 20 g Flasche
Bestell-Nr. 150 155 - X

OTHER PRODUCTS

Dosing tubes

Metal tube for attaching to all superglue bottles. Any glue setting in the tube can be burned out when the tube is briefly heated, for example, in a gas flame.

Caution! Fire hazard! Eyes must be protected!



*Order no. 330 157 - X
Internal diameter 0,3 x 13 mm length (sharp tip)¹*

*Order no. 330 156 - X
Internal diameter 0,4 x 19 mm length (sharp tip)¹*

*Order no. 330 155 - X
Internal diameter 1,2 x 40 mm length (blunt tip)*

¹ *Keep dosing tubes with sharp tips out of the reach of children!*

Activator spray

*Setting accelerator for all customary superglues (pump dispenser and aerosol can). Cyanoacrylate adhesive **sets immediately** the join is sprayed.*



*Packaging size 150 ml
Order no. 150 125 - X*

Contact filler

Filler for the immediate bonding and filling of cracks, gaps, holes, and unevenness in conjunction with R&G superglues.



*Packaging size 30 g bottle
Order no. 150 155 - 1*

CA solvent

Dissolves set cyanoacrylate adhesives (superglues).

*Packaging size 20 g bottle
Order no. 150 155 - X*



MMA-KLEBER

SCHNELLHÄRTENDER 2-KOMPONENTEN-KLEBSTOFF AUF METHYLMETH-ACRYLAT-BASIS

Beschreibung

- Hohe Klebfestigkeit, optimal für Kunststoffe wie ABS
- Schnellhärtend
- Spaltfüllend

Anwendungsgebiet

Schnellhärtender 2-Komponenten-Methylmethacrylatkleber für Holz, Metall, Keramik, Stein und viele Kunststoffe wie ABS, Polystyrol, PVC, Plexiglas, GFK etc.

Nicht klebbare Kunststoffe sind Teflon®, Polyethylen, Polypropylen, Weich-PVC und Polyamid (Nylon).

Stellvertretend für andere Anwendungen hier einige Beispiele für hochfeste MMA-Verklebungen aus dem **Automobilbau**.

Innenraum

Armaturenbrett, Airbaggehäuse, Seitenelemente, Rückspiegel, Konsolenteile, Haltegriffe, Seitenwandverstrebenungen.

Karosserie

Stoßfänger, Spoiler, Karosseriebleche, Windschutzscheiben und Türfenster, Heck- und Frontbeleuchtung, Verstärkung von Bodenblechen, Kunststoff-radkappen.

Verarbeitung

Die Dosierung im Mischungsverhältnis 1:1 ist durch die Doppelspritze/Doppelkartuschen vorgegeben. Beide Komponenten gründlich vermischen (entfällt bei den Doppelkartuschen, da ein statisches Mischrohr verwendet wird). Aufgrund der hohen Reaktivität steht nur eine **Verarbeitungszeit von 3 Minuten** zur Verfügung.

Nach spätestens **4 - 8 Minuten** beginnt der Kleber zu **gelieren**, bereits nach **10 - 15 Minuten** ist die Klebestelle **belastbar**.

Spaltfüllungen sind möglich, generell gilt für Verklebungen: dünnere Klebefugen ergeben höhere Zugsheerfestigkeiten.

Das Klebesystem kann mit Füllstoffen wie Thixotropiermittel, Baumwollflocken, Glasfaser gemahlen, Glas-Bubbles etc. eingedickt werden (z.B. für Reparaturen und Spaltfüllungen).

Packungsgrößen	28 g Doppelspritze und 56 g Doppelkartusche	(Best.-Nr. 155 140-1) (Best.-Nr. 155 160-1)
Zubehör	Dosierpistole und statisches Mischrohr 13 cm für Doppelkartusche.	(Best.-Nr. 155 160-1) (Best.-Nr. 155 165-2)

MMA SUPERGLUE

FAST-SETTING TWO-COMPONENT ADHESIVE BASED ON METHYL METHACRYLATE

Description

- High bond strength, optimal for plastics such as ABS
- Fast-setting
- Ideal for filling gaps

Range of applications

Fast-setting two-component methyl methacrylate adhesive for wood, metal, ceramics, stone, and a great number of plastics such as ABS, polystyrene, PVC, perspex, GRP, etc.

Plastics that cannot be joined with this adhesive are Teflon, polyethylene, polypropylene, flexible PVC, and polyamide (nylon).

The following lists a number of examples of high-strength MMA bonds in **automobile manufacture**.

Interior

Instrument panel, airbag compartment, side components; rear view mirror, console parts, grab handles, sidewall bracing.

Body shell

Bumpers, spoilers, body panels, windscreens and door windows, front and rear light assemblies, reinforcements for floor pans, plastic wheel covers.

Processing

The double injector unit and the double cartridges ensure that the constituents are dosed in the ratio 1:1. Both constituents are thoroughly mixed (this takes place in a static mixer tube when double cartridges are used). Owing to its high reactivity, the compound has a **processing time of three minutes** only.

After **four to eight minutes** at the latest, the adhesive starts to **gel**, and after a further **ten to fifteen minutes** loads can be applied to the bond.

The compound can also be used to fill gaps, but in general the thinner the glued bond, the higher the lap shear strength.

The adhesive system can be inspissated with fillers such as thixotropy-enhancing agents, cotton flock, milled glass fibres, glass bubbles, etc. (e.g. for repairs and filling gaps).

Packaging sizes	28 g double injector unit and 56 g double cartridge	(order no. 155 140-1) (order no. 155 160-1)
Accessories	dosing gun and static mixer tube 13 cm for double cartridge.	(order no. 155 160-1) (order no. 155 165-2)

Daten

MMA-Kleber MMA superglue	Einheit Unit	A-Komponente A component	Aktivator Activator
Lieferform Delivered state	—	flüssig liquid	flüssig liquid
Farbe Colour	—	weißlich whitish	gelb yellow
Viskosität Viscosity	mPa s	45000	40000
Dichte Density	g/cm ³	1,03	0,96
Lagerung (verschlossen, bei 4 - 22 °C) Storage (sealed at 4-22 °C)	Monate Months	12	12

2.68

Daten
Specifications

MMA-Kleber Eigenschaften <i>MMA superglue properties</i>	Einheit <i>Unit</i>	A-Komponente + Aktivator <i>A component + activator</i>
Verarbeitungszeit 20 g - Mischung <i>Processing time for 20 g mixture</i>	Minuten/22 °C <i>Minutes at 22 °C</i>	3
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewicht/Vol. <i>Weight / Volume</i>	1:1
Maximale Fugenbreite <i>Max joint width</i>	mm	4
Positionierzeit <i>Positioning time</i>	Minuten/22 °C <i>Minutes at 22 °C</i>	4 - 8
Fixierzeit <i>Securing time</i>	Minuten/22 °C <i>Minutes at 22 °C</i>	10 - 15
Vollständige Aushärtung <i>Complete setting</i>	Stunden/22 °C <i>Hours at 22 °C</i>	24
Weiterverarbeitungszeit <i>Finishing time</i>	Minuten/22 °C <i>Minutes at 22 °C</i>	30 - 60, danach schleif- und lackierbar <i>30 - 60, after which it can be ground and varnished</i>
Zugscherfestigkeit ABS mit ABS (ASTM D 1002) <i>Lap shear strength for ABS on ABS (ASTM D 1002)</i>	MPa	9 (Materialbruch) <i>9 (material failure)</i>
Zugscherfestigkeit Stahl mit Stahl „sandgestrahlt“ (ASTM D 1002) <i>Lap shear strength for steel on steel "sand-blasted" (ASTM D 1002)</i>	MPa	24 (Kohäsionsbruch) <i>24 (cohesion failure)</i>
Schälfestigkeit Stahl mit Stahl (ASTM D 1876) <i>Peel strength for steel on steel (ASTM D 1876)</i>	N/mm	6 - 7
Schlagzähigkeit Stahl mit Stahl (ASTM D 950) <i>Impact strength for steel on steel (ASTM D 950)</i>	J/cm ²	4,0 - 4,6
Dehnung <i>Elongation</i>	%	50 - 70
Shorehärte (D) <i>Shore hardness (D)</i>	---	78
Schrumpf <i>Shrinkage</i>	%	13,5
max. Spaltmaß <i>Max gap width</i>	mm	4
Wärmebelastbarkeit <i>Heat resistance</i>	°C (ca.) <i>°C (approx.)</i>	-55 bis/to+120
Alterungsbeständigkeit, 336 h bei 40 °C, 100 % rel. Luftfeuchte, Stahl mit Stahl „sandgestrahlt“ <i>Ageing resistance, 336 hr at 40 °C, 100% rel. air humidity, steel on steel "sand-blasted"</i>	%	100 (Ausgangswerte bleiben erhalten) <i>100 (original values remain unchanged)</i>
Chemikalienbeständigkeit Stahl mit Stahl „sandgestrahlt“ 336 h bei 22°C, eingetaucht in: <i>Chemical resistance, steel on steel "sand-blasted", 336 hr at 22°C, immersed in:</i>	Beständigkeit in % <i>Resistance in %</i>	
	Wasser <i>Water</i>	90
	bleifr. Benzin <i>Unleaded petrol</i>	100
	Motoröl <i>Engine oil</i>	100
	Hydrauliköl <i>Hydraulic oil</i>	100



28g Zwillingspritze
28g twin injector unit



56 g Doppelkartusche, Dosierpistole und Mischrohr
56 g double cartridge, dosing gun and mixer tube

POLYESTERHARZE
POLYESTER RESINS

3

S. 3.02	Ungesättigte Polyesterharze	<i>S. 3.02 Unsaturated polyester resins</i>
S. 3.07	Formenbau mit Polyesterharzen	<i>S. 3.07 Mould construction with polyester resins</i>
S. 3.08	Die Fertigteil-Herstellung	<i>S. 3.08 Manufacturing finished parts</i>
S. 3.10	UP-Laminierharz U 569 TV-01V	<i>S. 3.10 UP-laminating resin U 569 TV-01V</i>
S. 3.13	UP-Gießharz glasklar	<i>S. 3.13 UP-cast resin transparent</i>
S. 3.16	UP-Vorgelat	<i>S. 3.16 UP-pre-gel</i>
S. 3.22	UP-Farbpasten	<i>S. 3.22 UP-color pastes</i>
S. 3.23	Styrol	<i>S. 3.23 Styrene</i>
S. 3.24	MEKP-Härter	<i>S. 3.24 MEKP-hardener</i>
S. 3.25	Cyclonox BT 50	<i>S. 3.25 Cyclonox BT 50</i>

UNGESÄTTIGTE POLYESTERHARZE

R&G führt eine Auswahl ungesättigter Polyesterharze (**UP**-Harze) für Anwendungen im Boots-, Fahrzeug- und Behälterbau. Zahlreiche Spezialharze, Härter und Sonderfarbtöne sind auf Anfrage lieferbar.

Geschichtliches

Die ersten ungesättigten linearen Polyesterharze wurden 1894 beschrieben, die technischen Grundlagen für die Herstellung jedoch erst 1934 geschaffen. Seit 1942 werden UP-Harze in Verbindung mit Glasfasern eingesetzt.

Aufbau der UP-Harze / Reaktionsmechanismus

Alle nachfolgend beschriebenen Harze sind ungesättigte Polyester (UP), die in Styrol gelöst sind.

Hinsichtlich ihres chemischen Aufbaus handelt es sich um die Veresterungsprodukte ungesättigter und gesättigter Dicarbonsäuren mit bifunktionellen Alkoholen im Verhältnis 1 : 1. Je nach Veresterungsgrad bilden sie zähflüssige bzw. halbharte Harze, die zwecks leichterer Verarbeitungsmöglichkeit in monomeren, polymerisierbaren Flüssigkeiten, z.B. Monostyrol oder Diallylphthalat, gelöst werden (siehe Herstellungsschema).

Ersetzt man einen Teil der ungesättigten Säuren durch gesättigte, kann man die Reaktivität der Harze variieren und durch Kombination geeigneter Ausgangskomponenten die mechanischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften ihrer Härtingsprodukte gezielt beeinflussen. Die so erhaltenen flüssigen Produkte unterschiedlicher Konsistenz bezeichnet man als **Klarharze**.

Klarharze lassen sich durch Einarbeitung von Farbmitteln, Füllstoffen, Verstärkungsmaterialien und anderen Substanzen für die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete konfektionieren. Sie eröffnen dem Verarbeiter in einer Reihe von Herstellungsverfahren einen breiten Spielraum für die Lösung seiner Fertigungsaufgaben.

Härtung

Polyesterharze bedürfen zur Aushärtung des Zusatzes von Reaktionsmitteln. Während bei der **Warmhärtung** (100 - 130 °C) lediglich organische Peroxide als Härter für die Copolymerisation zwischen monomerem Lösungsmittel und ungesättigtem Polyester eingesetzt werden, erfordert bei **Kalthärtung** (18 - 25 °C) die Zugabe sowohl eines Peroxid-Härters, als auch kleiner Mengen eines **Beschleunigers**, um die chemische Reaktion (Vernetzung) in Gang zu setzen. Viele Polyesterharzsysteme werden bereits ab Werk **Cobaltvorbeschleunigt** geliefert, um die Verarbeitung zu vereinfachen. Auch Lichtinitiatoren können für die Härtung verwendet werden. Diese setzen bei Einwirkung bestimmter Wellenlängen die Reaktion in Gang. Solche Härtungen werden bevorzugt bei einer kontinuierlichen Verarbeitung verwendet.

Die Härtungsreaktion

Der einmal begonnene Härtungsprozess setzt sich von selbst fort und kann nicht mehr unterbrochen werden. Die Härtungszeit hängt von folgenden **Faktoren** ab:

- **Art und Zusammensetzung des UP-Harzes**
- **Angewandetes Reaktionsmittelsystem**
- **Menge der dazugegebenen Reaktionsmittel**
- **Arbeitstemperatur**
- **Form und Größe des Werkstücks**

Man unterscheidet schnellhärtende (hochreaktive) und langsamhärtende (niedrigreaktive) UP-Harze. Dazwischen liegen Harze mittlerer Reaktivität. Die genaue Kenntnis der Reaktivität und des chemischen Harzaufbaus liefert dem Verarbeiter Unterlagen über die Gelierzeit und gestattet Rückschlüsse auf den Vernetzungsgrad, der wiederum maßgeblichen Einfluß auf Formbeständigkeit in der Wärme, sowie mechanische und chemische Eigenschaften des Fertigteils hat.

3.02

UNSATURATED POLYESTER RESINS

R&G provides a selected range of unsaturated polyester resins (**UP resins**) for applications in the construction of boats, automobiles, and vessels. Numerous special resins, hardeners, and special colour tones are available on request.

History

The first unsaturated linear polyester resins were described in 1894, but the technical basis for their manufacture was first created in 1934. UP resins have been used in conjunction with glass fibres since 1942.

Structure of UP resins / reaction mechanism

All of the resins described in the following are **unsaturated polyesters (UPs)** that are dissolved in styrene.

According to their chemical structure, these resins are esterification products of unsaturated and saturated dicarboxylic acids with bifunctional alcohols in the ratio 1:1. Depending on the degree of esterification they yield high-viscosity or semi-rigid resins that are dissolved in monomeric, polymerisable liquids, e.g. monostyrene or diallyl phthalate, for easier processing (see manufacturing flow chart).

Replacing part of the unsaturated acids with saturated acids serves to vary the reactivity of the resins, and combining suitable starting components can have specific effects on the mechanical, thermal, and electrical properties of their cured products. The liquid products of varying consistencies thus yielded are called **clear resins**.

Incorporating colourants, fillers, reinforcing materials, and other systems can modify the properties of **clear resins** for the most diverse range of applications. Facilitating a series of manufacturing methods they give the processor great freedom in finding solutions to specific manufacturing problems.

Curing

Before they can cure, polyester resins need the addition of solidifying agents. Whereas **hot curing** (100 - 130 °C) involves solely the use of organic peroxides as hardeners for the copolymerisation between a monomeric solvent and an unsaturated polyester, **cold curing** (18 - 25 °C) requires the addition of both a peroxide hardener and small quantities of an **accelerator** before the chemical reaction (cross-linking) can be initiated. Before leaving the production plant, many polyester resin systems have already been preaccelerated with cobalt in order to facilitate their processing.

Also light initiators can be used for curing. The interaction of particular wavelengths then set the reaction in motion. This curing method is preferred for continuous processing.

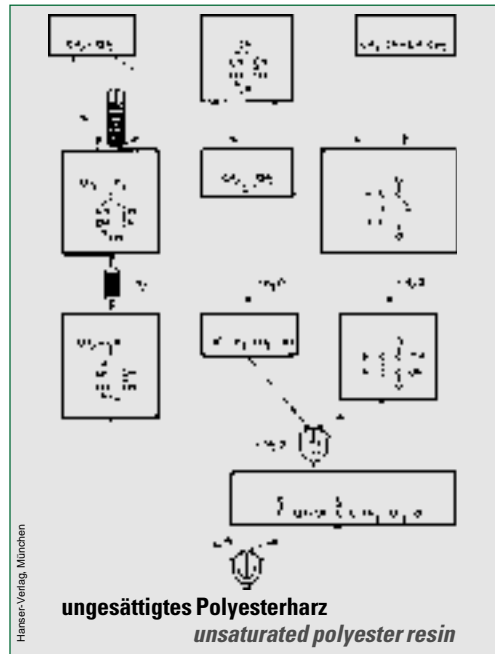
The curing reaction

Once the curing process has started, it runs by itself and can no longer be stopped. The curing time depends on the following **factors**:

- **Type and composition of the UP resin**
- **Solidifying agent system used**
- **Quantity of solidifying agent added**
- **Working temperature**
- **Size and shape of the work piece**

UP resins are divided into fast-curing (highly reactive) and slow-curing (low-reactive). Between these two are the resins of medium reactivity. Precise knowledge of the reactivity and the resin's chemical structure provides the processor with a basis for the gelling time and allows conclusions to be drawn on the cross-link density, which in turn has a decisive effect on the heat distortion temperature as well as the mechanical and chemical properties of the finished part.

Herstellungsschema ungesättigtes Polyesterharz



Flow chart for the manufacture
of unsaturated polyester resins

Härter und Beschleuniger

Härter für Polyesterharze sind energiereiche Stoffe, welche unter der Einwirkung von Wärme, Licht oder Beschleunigern in Molekülbruchstücke (Radikale) zerfallen. Es handelt sich hierbei um organische Peroxide, deren reaktionsfähige Spaltstücke sich an den Doppelbindungen des UP und des Styrols anlagern und deren räumliche Vernetzung herbeiführen.

Der Peroxidzerfall ist eine temperaturabhängige chemische Reaktion, die **exotherm** verläuft, d.h. selbst Wärme erzeugt, wenn die Spaltung einmal begonnen hat. Dies ist der Fall, sobald das Peroxid eine bestimmte Wärmezufuhr (bei den üblichen Härtern mindestens 60 °C) erfährt. Man spricht hier von **Anspringtemperatur**.

Heizt man also ein Harz/Härter-Gemisch bis zum Erreichen der Anspringtemperatur des Peroxids auf, beginnt der Zerfall der Peroxid-Moleküle und damit eine weitere selbsttätige Wärmesteigerung, welche die Härtung vorantreibt. Dieses Verfahren nennt man **Warmhärtung**. Es wird hauptsächlich beim Pressen (Warmpressen) angewandt.

Für die **Kalthärtung** von UP-Harz (Verarbeitung bei Raumtemperatur) ist der Zusatz von Peroxiden und beschleunigend wirkenden Substanzen (**Beschleunigern**) notwendig, welche den Zerfall des Peroxides schon bei Raumtemperatur bewirken. Als Beschleuniger für organische Peroxide werden reduzierend wirkende Stoffe verwendet.

Kalthärtung

In der Praxis haben sich zwei Kalthärtungssysteme durchgesetzt:

- **Ketonperoxid (z.B. MEKP) + Cobaltbeschleuniger**
- **Benzoylperoxid (BP) + Aminbeschleuniger**

Härter und Beschleuniger müssen aufeinander abgestimmt sein, wenn die gewünschte Wirkung eintreten soll.

Von außerordentlicher Wichtigkeit ist, daß **Peroxide und Beschleuniger niemals gleichzeitig**, sondern **unbedingt nacheinander mit dem Harz verrührt** werden müssen, um Brände oder Verpuffungen zu vermeiden!

Die Wahl des optimalen Kalthärtungssystems ist einmal von den Verarbeitungsbedingungen und zum anderen von den an das Fertigteil zu stellenden Anforderungen abhängig.

Hardeners and accelerators

Hardeners for polyesters are high-energy substances whose molecules fragment under the effects of heat, light, or accelerators to form radicals. These substances are organic peroxides whose reactive fragments attach to the double bonds of both the UP and the styrene and so initiate their cross-linking.

This fragmentation of the peroxide is a temperature-dependent chemical reaction that takes place **exothermally**, i.e. with the generation of heat, as soon as the fragmentation has started. This is the case as soon as peroxide experiences a certain application of heat (at least 60 °C for the usual hardeners), called the **light-off temperature**.

In other words, when a mixture of resin and hardener is heated to the peroxide's light-off temperature, the peroxide molecules start to fragment, and the generated heat increases automatically, promoting the curing process. This process is called **hot curing** and is predominantly used in press moulding (hot press moulding).

The **cold curing** of UP resin (processing at room temperature) requires the addition of peroxides and accelerating substances (**accelerators**) that cause the peroxide to fragment at temperatures as low as room temperature. Reducing agents are used as the accelerators for organic peroxides.

Cold curing

In practice, two cold curing systems have gained acceptance:

- **Ketone peroxide (e.g. MEKP) + cobalt accelerator**
- **Benzoyl peroxide (BP) + amino accelerator**

The hardener and accelerator must be matched to each other before the desired effect can be achieved.

It is extremely important that **peroxides and accelerators are never mixed with the resin at the same time, but always after each other**. This minimises the risk of fire and deflagration.

The optimal cold curing system depends on the processing conditions and on the requirements placed on the finished part.

Lagerung

Polyesterharze müssen verschlossen, kühl und vor Licht geschützt gelagert werden. In verschlossenen Originalgebinden sind sie bei Raumtemperatur oder darunter ca. 3 - 6 Monate lagerfähig.

Da der **Flammpunkt** bei etwa 34 °C liegt, die Viskosität nach DIN 53211 meistens mehr als 60 Sekunden Auslaufzeit beträgt und der Gehalt an brennbaren Flüssigkeiten unter 60 % liegt, fallen R&G-Polyesterharze bei Verwendung bruchsicherer Behälter im allgemeinen nicht unter die Verordnung über brennbare Flüssigkeiten (VbF).

Die **Verarbeitungstemperatur** sollte der Wärme im Arbeitsraum entsprechen und mindestens 15 - 20 °C betragen.

Peroxide sind bei niedrigen Temperaturen (nicht über 25 °C) im Dunkeln zu lagern, **streng getrennt von Beschleunigern** (Aktivatoren) oder irgendwelchen Wärmequellen. Jeder Umgang mit offenem Feuer ist in der Nähe von Peroxiden strengstens verboten! Bei der Verarbeitung ist das Tragen von Schutzhandschuhen und einer **Augenschutzbrille** vorgeschrieben!

MEKP-Härter können nach Anbruch bei längerer Lagerung Wasser aufnehmen. Dies führt vor allem bei Deckschichten zu Fehlstellen wie z.B. Augenbildung. Ist die Ursache in einem solchen Fall nicht eindeutig auf einen anderen Fehler zurückzuführen, sollte versuchsshalber ein frischer Härter verwendet werden.

Verarbeitungsprobleme

(von Prof. Dr.-Ing. Ehrenstein aus "Glasfaserverstärkte Kunststoffe", Expert-Verlag)

Viele Fehlschläge mit GFK im chemischen Apparatebau beruhen auf Verarbeitungsfehlern mit letztendlich stets den gleichen Ursachen. Diese Ursachen sind bekannt und werden deshalb im folgenden mit den sich daraus ergebenden Verarbeitungsfolgen geschildert.

Die Einwirkung von Luft

Während Epoxydharze fast unbeeinflusst so klebfrei an der Luft härten, daß man tags darauf schon mit Verbundschwierigkeiten rechnen muß, wird die Polymerisation von UP-Harzen durch Luftsauerstoff beeinträchtigt. Die Oberflächen bleiben mehr oder weniger stark klebrig, riechend, chemikalien- und witterungsanfällig, je nachdem, wie tief der Luftsauerstoff eindringen konnte. Beim späteren Harzauftrag gibt es keine Verbundschwierigkeiten - aber irgendwann kommt die letzte Schicht, und die sollte ordentlich gehärtet sein: dort muß man also tunlichst den Sauerstoff ausschließen. Man kann mit Gegenform arbeiten, mit Trennfolienstreifen überlappend abdecken, oder, wenn das alles nicht realisierbar ist, dem Harz entweder ein geeignetes mehrfunktionelles Isocyanat oder eine styrolische Paraffinlösung zusetzen.

Der Paraffinzusatz ist billig, beeinträchtigt nach bisherigen Erfahrungen die Chemikalienbeständigkeit nicht, sollte aber mit exakter Dosierung nach Vorschrift des Harzherstellers erfolgen, da die verschiedenen Harztypen sehr unterschiedliche Mengen benötigen, um optimale Oberflächen zu ergeben. Außerdem funktioniert er nur bei Harzmasstemperaturen von mindestens 18 °C, und wenn der zu beschichtende Untergrund und die Umgebung maximal 35 °C warm sind.

Die Styrolverdunstung paraffinhaltiger Harzansätze ist sehr gering, die Haftung von nicht innerhalb weniger Stunden aufgetragenen weiteren Schichten allerdings auch.

Sollen solche Schichten später weiter beschichtet werden, so muß gut angeschliffen werden: die Haftung ist dann genauso gut wie bei nicht paraffinierten Schlißflächen von GF-UP.

Storage

Polyester resins must be stored in a cool, sealed environment protected from the effects of light. In sealed original packing drums they can be stored for about three to six months at room temperature or below.

*Their **flash point** of approx. 34 °C, their viscosity in most cases of over sixty seconds' flow time (DIN 53 211), and their proportion of flammable liquids below 60% mean that R&G polyester resins when stored in shockproof packaging generally do not come under the VbF [German regulations for flammable liquids].*

*The **processing temperature** should equal the temperature in the working area and be at least 15 - 20 °C.*

***Peroxides** must be stored at low temperatures (max 25 °C) in a dark place, **strictly isolated from accelerators** (activators) or any other heat sources. Naked flames near peroxides are strictly forbidden! Before peroxides are processed, protective gloves and **goggles** must be worn.*

***MEKP hardeners** can absorb water when they are stored for long periods after their packaging has been opened. This promotes the formation of voids, particularly in overlays.*

If the cause of such voids cannot be traced unequivocally to another defect, then a fresh hardener should be used by way of experiment.

Processing problems

(Extracted from Prof. Dr.-Ing. Ehrenstein's "Glasfaserverstärkte Kunststoffe" published by Expert-Verlag)

Many of the failures experienced with GRP in the construction of chemical apparatus have their roots in processing errors that in the end always have the same causes. These causes are known and for this reason will be explained in the following together with the associated consequences for the processing.

The effects of air

Whereas epoxy resins cure in air without any other external effects to yield such a tack-free surface that problems with bonding can be expected as early as the next day, atmospheric oxygen is detrimental to the polymerisation of UP resins. The surfaces remain more or less highly adhesive, emit odours, and are susceptible to chemical attack and weathering depending on the depth to which atmospheric oxygen could penetrate. Subsequent applications of resin have no difficulties in bonding-but sooner or later it's the turn of the last coat, and this should be properly cured. And here is where every effort must be made to prevent the effects of oxygen. A counter mould can be used, strips of release film overlapped, or, if all this is not possible, then either a suitable polyfunctional isocyanate or a styrene-based paraffin solution is added to the resin.

The paraffin additive is cheap, has no known detrimental effects on the chemical resistance, but should be precisely dosed in accordance with the instructions from the resin manufacturer so that the various resin types, which require very different dosed quantities, can develop their optimal surfaces. Moreover, this additive works only when the temperature of the resin compound does not fall below 18 °C and the temperature of both the base surface for coating and the environment does not exceed 35 °C.

Styrene volatilisation is very negligible from resins containing paraffin; unfortunately, this is also true for the adhesion of further coats that have been applied after a few hours have passed.

If such coats are to serve as surfaces for later applications, then they have to be ground well: the adhesion is then just as good as for non-paraffined ground surfaces of GF-UP.

Die Einwirkung von Härtingsabgasen

Daß kleinere Lufteinschlüsse die Härtung von UP- und Vinylesterharzen (VE) viel gründlicher zum Erliegen bringen als größere Luftmengen, ist den meisten Verarbeitern nicht geläufig. Bei schlechter Belüftung können sich bittermandelartig nach Benzaldehyd riechende Härtingsabgase an der Formstoffoberfläche ansammeln. Benzaldehyd inhibiert (verzögert) die Härtung zwar kaum, aber irgendwie bringen die Abgase die Härtung so gründlich zum Stillstand, daß sich - unter Umständen zentimetertief! - auch durch späteres Erwärmen nichts mehr retten läßt.

Man muß daher auf folgendes achten:

- **Waben-Sandwichkonstruktionen** entweder mit andersartigen Klebstoffen oder sehr rasch und klebfrei an der Luft härtenden UP-Harzmassen schließen;
- **Polyesterharzbeton** nie zu hoch füllen;
- **Formteile**, die stellenweise von der Form abschwinden können (und welche können das nicht?), möglichst bald nach dem Abklingen der Reaktionswärme einer Kalthärtung entformen;
- **Trennfolien**, die nicht ganz 100 %ig am Formteil anliegen, ebenfalls bald abziehen, damit sie nicht infolge der Gaseinschlüsse zu mehr oder weniger großflächigen Unterhärtungen führen;
- **Beschichtungen** in unten schlecht oder gar nicht belüfteten Räumen nicht nur während der Arbeit, sondern auch danach noch (mindestens noch über Nacht, möglichst länger) gut belüften;
- **Behälterboden** zumindest bis zur Nachhärtung bei erhöhter Temperatur stets mit der Wölbung nach oben stapeln (und da man erst nach der Montage nachhärten soll, ist also grundsätzlich so zu stapeln);
- **Luftblasen** im Laminat und natürlich auch in Fein- oder Vliessschichten um so mehr vermeiden, je mehr es auf optimale Eigenschaften ankommt (um jede Luftblase herum befindet sich eine unterhärtete Zone).

Die Einwirkung von Wasser

Kann, z.B. durch Diffusion, Wasser eindringen, so löst es aus dem unterhärteten Bereich alles Lösliche heraus. Die Lösung will sich verdünnen, zieht weiteres Wasser nach, das wieder lösend wirkt u.s.w., bis die osmotischen Kräfte die Blase vergrößern und schließlich aufsprengen.

Die Einwirkung von Wasser kann nicht nur auf unterhärteten Stellen in der eben geschilderten Weise Unheil anrichten, es kann auch selbst Ursache einer Unterhärtung sein, wenn UP- oder VE-Harze mit Hilfe von Cobaltbeschleuniger gehärtet werden (Kalthärtung). Dazu muß es nicht in ein offen stehendes Faß hineingeregnet haben; es genügt der Einfluß der Luftfeuchtigkeit, wenn man nicht bedacht hat, daß sie an kalten Flächen zu kondensieren pflegt. Deshalb sind kalt gelagerte Harzvorräte in einem geschlossenen Gebinde auf Raumtemperatur zu bringen.

Trennmittel und Werkzeuge

Trennfilme sind vor dem Auftragen der Harzmasse gut ablüften zu lassen; dementsprechend sind Pinsel, Lammfellrollen, Rillenwalzen und ähnliche Werkzeuge nicht gleich nach der Reinigung in Lösungsmitteln und deren Ausschwenken, sondern erst nach gründlichem Ablüften zu nutzen. (Am besten macht man es sich zur Regel, nicht das gerade ausgeschwenkte Werkzeug zu benutzen, sondern ein anderes, das man beim vorherigen Arbeitsgang zum Trocknen hingelegt hatte.)

Daß die gleiche Sorgfalt auch im Umgang mit den Verstärkungsmaterialien und den Füllstoffen angebracht ist, sollte selbstverständlich sein.

The effects of curing vapours

It is not a commonly know fact amongst most processors that smaller air inclusions have a far greater retarding effect on the curing of UP and vinyl ester resins (VEs) than larger quantities of air. Under poor ventilation conditions, curing vapours with the bitter almond odour of benzaldehyde can accumulate at the surface of the moulded material. Although benzaldehyde scarcely inhibits the curing, the vapours somehow manage to stop the curing so effectively - under certain circumstances up to a depth of one centimetre (!) - that even subsequent heating can do little to repair the damage.

For this reason, the following must be observed:

- **Honeycomb sandwich constructions** must be sealed with either different types of adhesives or UP resin compounds that cure in air quickly and tack-free,
- **Polyester resin concrete** should not reach too high a filling level,
- **Moulded parts** that can shrink away from the mould in places (and which do not?) should be demoulded immediately the reaction heat from cold curing has subsided,
- **Release films** that do not lie in full contact with the moulded part should also be drawn off quickly so that the gas inclusions cannot impair the curing of more or less large areas,
- **Coatings** should be well ventilated in poorly or unventilated rooms not only during the work, but afterwards as well (at least overnight and if possible for longer),
- **Tank bottoms** should always be stacked with the bulge pointing upwards, at least until post-curing at increased temperature (post-curing must take place after assembly anyway, so the bottoms must be stacked in this manner),
- **Air bubbles** in the laminate and, of course, in the gel and non-woven coats must be prevented, especially if the optimal properties are to be obtained (every air bubble is surrounded by an undercured zone).

The effects of water

If water is allowed to penetrate, e.g. by diffusion, it will dissolve everything soluble out of the undercured zone. The solution tends to accept further diluents, absorbs more water, and the dissolving process therefore continues until the osmotic pressure rises and finally bursts the bubble.

The effects of water cannot only cause devastation to undercured zones as described above, it can also itself be the cause of undercuring when UP or VE resins are cured with the aid of cobalt accelerators (cold curing). And this does not mean that rain has to fall into an open barrel: the effects of air humidity prove adequate when it is allowed to condense on cold surfaces. For this reason, cold-stored resin stocks should be kept in a sealed packing drum at room temperature.

Release agents and tools

Before the resin compound is applied, any air trapped in release films must be allowed to escape; accordingly, brushes, lamb's wool rollers, grooved rollers, and similar tools should not be used immediately after cleaning in solvents and rinsing, but after all trapped air has escaped. The best method that should be made the rule is not to use the freshly rinsed tool, but the one left to dry during a previous working cycle.

The same care, of course, also applies to the reinforcing materials and fillers.

Die Wirkung von Reaktionsmitteln

Bei UP-Harzen schleppt man mit den Reaktionsmitteln weichmachende Fremdstoffen ein. Man sollte also im Normalfall versuchen, mit möglichst wenig Peroxid und Beschleuniger auszukommen. Man kann aber nicht prinzipiell dadurch optimale Formstoffeigenschaften erzielen, daß man minimale Reaktionsmittelmengen benutzt.

Bei der **Herstellung von Feinschichten** oder Schlußstrichen aus UP-Harzen ist eine schnelle Durchhärtung vorrangig vor der Überlegung, man könnte zu viel Weichmacher einschleppen - immer noch besser dieses Übel als eine nur getrocknete, aber nicht gehärtete Schicht. Das hier hinsichtlich der Reaktionsmitteldosierung anzuwendende Motto "viel hilft viel" gilt auch für Teile, die nicht bei erhöhter Temperatur nachgehärtet werden können und sich auch nicht infolge hoher Schichtdicke durch die eigene Reaktionswärme quasi selbst nachhärten können. Besonders ein hoher Peroxidgehalt ist hier wichtig.

In solchen Fällen gilt es allerdings stets, nicht ins entgegengesetzte Extrem zu verfallen: **Mehr als 5 %** eines handelsüblichen **Peroxids** (3 % bei Acetylacetonperoxidlösungen) sind **immer von Übel**, desgleichen mehr als 2,5 % einer handelsüblichen 10 %igen Aminbeschleunigerlösung. Als Folge einer Überdosierung erreicht man nämlich sehr plötzlich und sehr gründlich das Gegenteil einer guten Aushärtung: Man erhält Produkte, die um so weicher sind (und auch bei Nachhärtungsversuchen bleiben), je wärmer das Teil bei der Härtung war (oder wurde). Es handelt sich um eine anomale Härtung auf Grund eines Radikalüberangebots, also nicht nur um eine Weichmacherwirkung.

Untervernetzungen

Ein häufiger Fehler ist das mehr oder weniger großflächige Auftreten einer Elefantenhaut in der Polyester-Deckschicht (siehe Bild oben). Diese Schäden entstehen bei falsch gehärteten, untervernetzten Deckschichten, wenn erneut Polyesterharz aufgetragen wird.

Im wesentlichen sind **Untervernetzungen** immer auf **falsche Härter- und Beschleunigermengen** zurückzuführen.

Die meisten UP-Harze werden vorbeschleunigt geliefert. Dies schränkt zwar die Lagerfähigkeit etwas ein, ermöglicht jedoch eine einfachere Handhabung. Es muß lediglich die vorgeschriebene Härtermenge dosiert werden. Diese ist nach Vorschrift so zu wählen, daß die Deckschicht nach max. 15 - 20 Minuten auf der Form geliegt.

Bei **zu langer Gelierzeit** ist die **Styrolverdunstung zu hoch**, die **Deckschicht härtet ungenügend** und trocknet mehr physikalisch aus. Die Folge ist eine eventuelle Anlösung durch das Laminierharz (Elefantenhautbildung), sowie spätere Verfärbung und eine schlechtere Witterungs- und Wasserbeständigkeit.

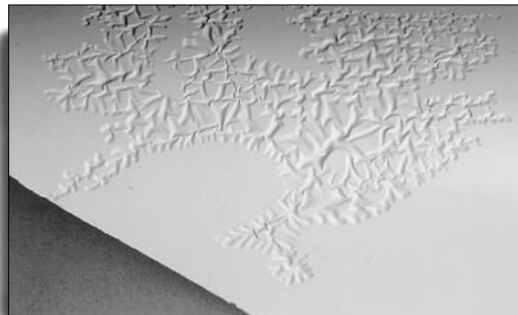
Nach ca. **2 Stunden Anhärtung** sollte die **erste Lage Laminat** aufgebracht werden.

Einige zusätzliche Verarbeitungsfehler begünstigen die Entstehung einer Elefantenhaut:

- Kalte Formen bzw. niedrige Harztemperatur (< 15° C), durch verlängerte Gelierzeit mit der Gefahr erhöhter Styrolverdunstung und daraus resultierender Untervernetzung der Deckschicht;
- Schlechte Belüftung der Formen, besonders an tiefen Stellen (hohe Styrolkonzentration in der Luft);
- Überlagertes, vorbeschleunigtes Polyesterharz (verlängerte Gelierzeit, bzw. gar keine Reaktion, im Zweifelsfall einen Testansatz herstellen und gegebenenfalls mit COB nachbeschleunigen).

The effects of solidifying agents

Introducing solidifying agents into UP resins also introduces plasticizing foreign substances. In the normal case, the processor should try to use as little peroxide and accelerator as possible. In principle, however, the optimal properties of the moulded material cannot be obtained when the minimum quantities of solidifying agent are used.



Elefantenhaut in einer Polyesterdeckschicht.

Alligatoring in a polyester overlay

In the case of **gel coats** or finishing coats of UP resins, fast curing must be given greater priority to considerations that too much plasticizer might be introduced - this evil is still far less than a layer that has only dried, but not cured.

The saying "a lot helps a lot" that is applied here to the dosing of solidifying agent also applies to parts that cannot cure at a higher temperature nor can generate enough reaction heat in a thick layer for self-initiated curing. In particular, a high peroxide content is important here.

In such cases, care must always be exercised to the effect that the opposite extreme is not taken: **more than 5 %** of a commercially available **peroxide** (3 % for acetylacetone peroxide solutions) is **always detrimental**, ditto for more than 2,5 % of a commercially available 10 % amino accelerator solution. The extremely sudden and extremely thorough consequence of overdosing is the exact opposite of good curing: obtained are products that are softer (and stay so after post-curing attempts) the hotter the part was (or became) during curing. This is an anomalous curing caused by a surplus of radicals, i.e. not just by the effects of a plasticizer.

Inadequate cross-linking

A frequent problem is the appearance of alligatoring over more or less large areas of the polyester overlay (see the figure above). This damage occurs on wrongly cured, inadequately cross-linked overlays to which a further coat of polyester resin is applied.

Essentially, **inadequate cross-linking** can always be put down to **incorrect quantities of hardener and accelerator**.

Most UP resins are supplied in the preaccelerated state. Although this somewhat restricts the shelf life, it does simplify handling. Solely the specified quantity of hardener must be dosed. The dose specified in the instructions is such that the overlay gels on the mould after max fifteen to twenty minutes.

If the **gelling time is too long**, then **too much styrene volatilises**, and the **overlay cures inadequately** and the degree of physical drying is greater. The consequence is that the laminating resin may "bite" (alligatoring), discolour with time, and deteriorate in water and weather resistance.

After approx. **two hours' preliminary curing**, the **first layer of laminate** should be applied.

A number of other processing errors also promote alligatoring:

- Cold moulds or low resin temperature (< 15° C), the extended gelling time increases the risk that styrene volatilises, giving rise to inadequate cross-linking of the overlay;
- Poor ventilation of the moulds, in particular at deep points (high concentration of styrene in the air);
- Overlapped, preaccelerated polyester resin (extended gelling time or no reaction at all, in case of doubt a test quantity must be mixed and if necessary preaccelerated with cobalt).

FORMENBAU MIT POLYESTERHARZEN

Will man ein Fertigteil aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (GF-UP) herstellen, steht am Anfang jeden Bemühens der **Bau eines entsprechenden Werkzeuges**.

Stets dann, wenn Fertigteile mit glatten Außenflächen (Boote, Karosserieteile) hergestellt werden sollen, muß eine **Negativ-Form** gefertigt werden.

Gegenstände mit glatten Innenflächen (Behälter, Springbrunnen, Schalen) benötigen eine **Positiv-Form**, d.h. einen Formkern.

Eine **Form aus Glasfaserkunststoff** erlaubt die Herstellung von Teilen fast beliebiger Größe und Stückzahl. Als Werkzeugmaterial hat sich glasfaserverstärktes Polyesterharz (GF-UP) in bezug auf Haltbarkeit und Preis gut bewährt.

Zur Formherstellung wird ein Urmodell im Handlaminierverfahren mit harzgetränkter Glasfasermatte beschichtet und abgeformt.

Im **1. Schritt** wird die glatte Oberfläche des Urmodells mit Grundierwachs dünn und gleichmäßig überzogen. Diesen Auftrag läßt man einige Minuten trocknen. Eventuelle Schlieren werden sofort nach dem Wachsaufrag durch vorsichtiges Polieren mit einem weichen Baumwolltuch beseitigt. Ein Hochglanz wird dabei nicht erzeugt.

Danach bringt man Folientrennmittel PVA mit einem feinporigen Schwamm auf die Oberfläche auf und läßt dieses bis zur völligen Trocknung etwa 20 Minuten ablüften. Dabei entsteht von alleine eine hochglänzende Oberfläche.

2. Schritt

UP-Vorgelat farblos wird mit 5 - 10 % schwarzer Farbpaste kontrastreich eingefärbt und als Deckschicht mit einem Pinsel (Laminierpinsel Bestell-Nr. 335 125-1) in zweimaligem Auftrag von je 400 g/m² möglichst blasenfrei aufgebracht. Zur Vermeidung von Pinselschaum ist das Arbeitsgerät öfter in Styrol zu spülen.

Die Gelierzeit von UP-Vorgelat beträgt bei Raumtemperatur (ca. 22 °C) etwa 60 Minuten.

Nach dieser Anhärtung wird eine Lage Glasfasermatte 225 g/m² aufgelegt und mit dem Standard-Laminierharz U 569 TV-01V getränkt.

Zum Harzauftrag dienen Laminierpinsel mit unlackierten Stielen oder, bei größeren Teilen, Mohair-Walzen.

Luftblasen im Mattenlaminat werden durch Abrollen mit einem Metallscheibenroller entfernt.

Nach genügender Anhärtung erfolgt dann der weitere Aufbau, in 4 - 10 mm Wanddicke, je nach Formgröße, mit 450 g/m²- Matten. Diese Mattenlagen sollten jeweils 3-fach in einem Arbeitsgang mit Zwischenhärtung aufgebracht werden.

Eine Lage Glasmatte 450 g/m² ergibt eine Laminatdicke von etwa 1 mm.

Die fertig laminierte Form soll auf dem Urmodell bei Raumtemperatur zunächst 24 - 36 Stunden verweilen und darauf nach Möglichkeit 12 Std. bei 40 - 50 °C nachgehärtet werden (Temperzelt/Temperschrank).

MOULD CONSTRUCTION WITH PES RESINS

*Before finished parts can be manufactured from glass-fibre-reinforced polyester resin (GF-UP), all work must begin with the **construction of the corresponding mould**.*

*A **female mould** must be manufactured whenever the finished parts are to exhibit smooth external surfaces (boats, body parts).*

*Objects with smooth internal surfaces (tanks, fountains, dishes) require a **male mould**, i.e. a mould core.*

*A **mould of glass-fibre-reinforced plastic** can be used to manufacture almost any size and number of parts. With respect to durability and price, glass-fibre-reinforced polyester resin (GF-UP) has established itself well as a mould material.*

For the construction of a mould, a master pattern is copied by being laid up by hand with a resin-impregnated glass-fibre mat.

*The **first step** involves applying a thin and uniform coat of priming wax to the smooth surface of the master pattern. This coat is then left to dry for a few minutes. Immediately after the wax has been applied, any streaks are then carefully polished over with a soft cotton cloth. This does not give rise to a high gloss.*

Afterwards, a finely pored sponge is used to apply the film release agent PVA to the surface, which is then left for about twenty minutes until all trapped air has escaped and it has completely dried. This gives rise by itself to a high-gloss surface.

Second step

***UP pre-gel colourless** is mixed with 5 - 10 % colour paste of a high-contrast black and applied with a brush (laminating brush, order no. 335 125-1) as a double-coated overlay (400 g/m² each) containing the minimum of bubbles. Rinsing the brush in styrene at shorter intervals prevents the application from frothing.*

The gelling time for UP pre-gel is about sixty minutes at room temperature (approx. 22 °C).

After this preliminary curing, a layer of 225 g/m² glass-fibre mat is laid up and impregnated with the standard laminating resin U 569 TV-01V.

Used to apply the resin are laminating brushes with unvarnished handles or, for larger parts, mohair rollers.

Air bubbles in the mat laminate are removed with a metal disc roller.

After adequate preliminary curing, the laying up is continued with 450 g/m² mats in wall thicknesses of 4 - 10 mm, depending on the size of the mould. These mat layers should be applied as three-ply layers in one working cycle with intermediate curing.

One layer of 450 g/m² yields a laminate thickness of about 1 mm.

The ready-laminated mould should remain on the master pattern for an initial period of 24 to 36 hours at room temperature and then, if possible, post-cured for twelve hours at 40 - 50 °C (annealing tent or chamber).

DIE FERTIGTEIL - HERSTELLUNG

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, wird die Formoberfläche mit Grundierwachs und Folientrennmittel sorgfältig vorbehandelt, damit die nachträgliche, problemlose Entformung gewährleistet ist.

Hierauf erfolgt das Einbringen der **Deckschicht** in einer Schichtdicke von etwa 0,2 mm = 250 g/m².

Die Deckschicht, auch Gelcoat oder Feinschicht genannt, hat die Aufgabe, das spätere Eindringen von Feuchtigkeit in das Laminat zu verhindern und gleichzeitig dem Fertigteil eine glatte, meist farbig ausgeführte, glänzende Oberfläche mit erhöhter Chemikalien- und Witterungsbeständigkeit zu geben.

UP-Deckschichtharze sind meist so eingestellt, daß die Gellierzeit bei 20 °C zwischen 10 und 30 Minuten liegt. Zu lange offene Zeiten begünstigen die Styrolverdunstung und führen dadurch zu unbefriedigenden Härtungsergebnissen.

Nach einer **ausreichenden Härtungszeit** (je nach Verarbeitungstemperatur 1 - 2 Stunden) kann mit dem Laminieren begonnen werden, ohne befürchten zu müssen, daß die vorgelegte Deckschicht durch den weiteren Harzauftrag anquillt (Elefantenhaut- oder Apfelsinenschaleneffekt).

Die **Wartezeit bis zur Härtung** des Deckschichtharzes nutzt man, um die benötigten Glasfasermatten nach Anzahl und Größe vorzubereiten und zurechtzulegen.

Es ist zweckmäßig, Mattenstücke nicht mit der Schere zuzuschneiden, sondern diese entlang einer fest aufgedruckten Holzleiste abzureißen. Zusätzlich sollte man die Reißkante und die in der Fabrik scharf geschnittenen Ränder noch ca. 3 cm breit mit einem groben Metallkamm (Nagelbrett) ausdünnen bzw. ausfransen, um einen nahtlosen, gleichmäßigen Übergang zu erreichen. Beim fertigen Laminat soll man nicht feststellen können, wo die einzelnen Stücke aufeinandergelegt worden sind.

Textilglasgewebe dagegen können nur geschnitten werden und sollten sich daher ca. 3 cm überlappen, um einen festen Anschluß der Bahnen zu gewährleisten. Die Stöße werden durch die verdoppelte Wandstärke sichtbar.

Kurz vor Beginn des Laminierens stellt man sich die Tränkharmischung z.B. aus dem **Standard-Laminierharz U 569 TV-01 V** her.

Wie beim Formenbau arbeitet man zunächst mit einer Lage dünner Matte 225 g/m², und läßt diese anhärteln. Der weitere Aufbau erfolgt dann mit 450 g/m²-Matten, bis die gewünschte Wanddicke erreicht ist.

Eine Lage Glasfasermatte 450 g/m² ergibt etwa 1 mm Schichtdicke bei einem Harzverbrauch von 1 - 1,2 kg/m².

Alternativ zu Glasmatten können selbstverständlich auch Glasfilament- oder Glasrovinggewebe verarbeitet werden. Der Harzverbrauch ist ca. 30 % geringer.

Für den **Auftrag des Deckschichtharzes** (Gelcoat) verwendet man einen weichen Haar- oder Borstenpinsel (Laminierpinsel Bestell-Nr. 335 125-1)

Nach vorheriger Verdünnung mit Styrol und ggf. auch mit Aceton sind Polyester-Deckschichtharze **spritzfähig** (Düse 1,5 mm, Druck 3 - 5 bar). Zum Spritzen muß ein Wasserabscheider eingebaut sein, um Augen in der Deckschicht zu vermeiden.

Das **Tränken** der Glasmatte mit Harz erfolgt am besten mit einer Mohair-Walze; das Ausrollen und Entlüften geschieht mittels Metallscheiben- oder Teflon-Rillenrollern.

Beim **Laminieren** ist darauf zu achten, daß die Mattenlagen vollständig und gleichmäßig durchtränkt werden und keine weißen Stellen mehr sichtbar sind. Es soll jedoch nicht zuviel Harz aufgebracht werden, da der Glasgehalt und damit die Festigkeiten des gehärteten Materials herabgesetzt würden. Die Struktur der Verstärkungsfasern sollte an der Oberfläche gut sichtbar sein (raue Oberfläche).

Sehr **wichtig** ist in jedem Falle die **Entfernung eingeschlossener Luftblasen**. Sehr feine, gehäuft auftretende Bläschen führen zu Fehlhärtungen, verursachen Mikroporosität und verringern dadurch die Dauerfestigkeit der Schichtstoffe.

3.08

MANUFACTURING FINISHED PARTS

As described in the previous section, the surface of the mould is carefully pretreated with priming wax and film release agent. These measures ensure that no problems are encountered with the subsequent demoulding.

*Afterwards, the **overlay** is then applied to a thickness of about 0,2 mm, or 250 g/m².*

The purpose of the overlay, also called the gel coat, is to prevent moisture from afterwards penetrating into the laminate and, at the same time, to give the finished part a smooth, mostly coloured, and glossy surface with enhanced chemical and weathering resistance.

The composition of UP overlay resins is mostly such that the gelling time at 20 °C is between ten and thirty minutes.

When the resins are open for too long, the volatilisation of styrene is promoted, leading to unsatisfactory curing results.

*After an **adequate curing time** (one to two hours depending on the processing time), work can start on laminating without the risk that the next coating of resin will cause the previously laid overlay to swell (alligating or orange peel effect).*

*The **time needed** for the overlay resin to cure can be utilised to prepare and arrange the requisite number and sizes of the glass-fibre mats.*

A convenient method for sizing pieces of mat is not to cut them with shears, but to tear them off along a wooden bar pressed into place. In addition, a smooth, gradual transition can be obtained when a strip about 3 cm wide around both the tear edge and the sharp edges cut in the production plant is thinned out or worn down with a coarse metal comb (card). The ready-laid laminate should not reveal where the individual pieces overlap.

Glass textiles, on the other hand, can be cut only and should therefore overlap by about 3 cm to ensure a strong bond between the courses. The double wall thickness will then mark the overlaps.

*A short time before work is begun on laminating, the impregnating resin is mixed, e.g. from the **standard laminating resin U 569 TV-01V**.*

Just as with mould construction, the work begins with a layer of thin 225 g/m² mat which is left to cure. The next lay-up is with 450 g/m² mats until the required wall thickness is reached.

One layer of 450 g/m² glass-fibre mat yields a coat of about 1 mm thickness with a resin consumption of 1 - 1,2 kg/m².

Glass mats are, of course, not the only solutions. Alternatives are offered with glass filament or glass roving fabric. In these cases, the resin consumption is about 30% less.

*A soft hair or bristle brush (laminating brush, order no. 335 125-1) is used to **apply the overlay resin** (gel coat).*

*When they have been previously diluted with styrene and, if necessary, with acetone as well, polyester overlay resins **can be sprayed** (1,5 mm nozzle, 3 - 5 bar pressure). Before spraying work, a water separator must be installed to prevent voids in the overlay.*

*The glass mat is best **impregnated** with resin when a mohair roller is used: metal disc rollers or grooved teflon rollers are used for rolling out and de-airing.*

*When **laminating**, the processor must make sure that the mat layers are impregnated fully and uniformly and white zones are no longer visible.*

On the other hand, too much resin should not be applied, because this would reduce the glass content and therefore the strength of the cured material. The structure of the reinforcing fibres should be clearly visible at the surface (rough texture).

*In all cases, it is very **important** that **all trapped air bubbles are removed**. Very fine patches of bubbles impair curing, promote microporosity, and so reduce the fatigue limit of the coating material.*

Zur **Stabilisierung** vor allem größerer, **dünnwandiger Formteile** werden häufig zusätzliche Versteifungen oder Randwülste vorgesehen. Man verwendet zu deren Herstellung Holzprofile, Schaumstoffeinlagen, Winkeleisen, Deko- oder Flexrohre, die mit einlaminiert werden.

An der **Luft gehärtete** UP-Harzlaminate zeigen im Gegensatz zu der auf der Form gehärteten Seite eine schwach klebrige Oberfläche mit Glasfaser-Struktur. Diese Seite sollte später nicht mit Flüssigkeiten (Wasser) in Berührung kommen, da sie an der Oberfläche verseifbar oder löslich bleibt.

Nachträgliches Aufbringen einer Versiegelung mit UP-Vorgelat bringt hier einwandfreie Ergebnisse.

Bei **Raumtemperatur gehärtete** Teile sind unter Verwendung der angegebenen Harzrezeptur ca. 3 - 4 Stunden nach Beginn der Gelierung so weit durchpolymerisiert, daß sie entformt und gelagert werden können. Sehr große Teile läßt man zweckmäßig 10 bis 12 Stunden in der Form.

Nachhärtung

Da die Endhärte von kaltgehärteten GF-UP-Teilen ohne Nachhärtung bei erhöhter Temperatur erst nach vielen Wochen oder gar nicht erreicht wird, sollte man Formteile nach Möglichkeit in einer Temperkammer während 4 - 6 Stunden bei höheren Temperaturen (60 - 110 °C) nachhärten. Auch eine gleichmäßige¹⁾ Infrarot-Bestrahlung oder -wenn anders nicht möglich- pralle Sonnenbestrahlung über mehrere Tage im Sommer führen zum Ziel (nur zur Nachhärtung empfohlen, beim Laminieren sollte **direkte Sonneneinstrahlung** unbedingt **vermieden** werden).

Je besser die Nachhärtung durchgeführt wird, um so sicherer lassen sich die angestrebten Endwerte hinsichtlich mechanischer, chemischer und thermischer Qualität von Bauteilen aus ungesättigten Polyesterharzen erreichen.

In allen Fällen ist aber zu beachten, daß **UP-Harze** bei der Härtung eine (unterschiedliche) **Volumenkontraktion** erfahren. Der dadurch bedingte Schwund des Harzes ist abhängig vom Harzaufbau, der Härtungsgeschwindigkeit, dem Füllstoff- bzw. Glasgehalt etc. und muß bei der Fertigung von GF-UP mit einkalkuliert werden.

¹⁾ Nur zu empfehlen, wenn eine exakte, gleichmäßige Bestrahlung möglich ist! Ansonsten sollte wegen Gefahr des Verzugs darauf verzichtet werden.

*Measures for **stabilising** above all larger, **thin-walled mould parts** frequently take the form of additional stiffeners or beads made from wooden sections, embedded foam, angle irons, decorative or flexible tubes, which are then integrated in the laminations.*

*UP resin laminates that have **cured in the air**, in contrast to the side cured on the mould, exhibit a weakly adhesive surface with a glass-fibre structure. This side remains saponifiable or soluble and so should not afterwards come into contact with liquid (water).*

A subsequent application of a seal with UP pre-gel is the perfect solution here.

*When the specified resin recipe is used and about three to four hours have passed since the onset of gelling, the degree of polymerisation in the parts **cured at room temperature** is such that they can be demoulded and stored. It proves advisable to leave very large parts for ten to twelve hours in the mould.*

Post-curing

*If they do not undergo post-curing at an increased temperature, cold-cured GF-UP parts cannot obtain their final hardness until many weeks have passed, if at all. For this reason, moulded parts should be post-cured, if possible, in an annealing chamber for four to six hours at higher temperatures (60 - 110 °C). This curing state can also be achieved with uniform¹⁾ infrared irradiation or - if all else is not possible - intense sunlight over several days in summer (recommended for post-curing only, **direct sunlight** should be **avoided** in all circumstances when laminates are laid up).*

The more precisely the post-curing process is conducted, the more reliable the final values obtained for the mechanical, chemical, and thermal qualities of the components made from unsaturated polyester resins.

*In all cases, the processor must note that **UP resins** experience (varying) **contractions in volume** when curing. The shrinkage the resin undergoes as a result depends on the structure of the resin, the speed of curing, the filler and glass content, etc., and must be included in the calculations for manufacturing with GF-UP.*

¹⁾ Recommended only when precise, uniform irradiation is possible! Otherwise, the risk of warpage is too high.

Studiodekoration aus glasfaserverstärktem Polyesterharz, hergestellt von der Fa. Ingo Laue Werbeobjekte, Buggingen.



Studio decorations of glass-fibre-reinforced polyester resin, built by the company Ingo Laue Werbeobjekte in Buggingen.

UP-LAMINIERHARZ U 569TV-01V

VORBESCHLEUNIGTES STANDARD-LAMINIERHARZ

Beschreibung

- Ungesättigter Polyester, gelöst in Styrol (Orthophthalsäure-Basis)
- Enthält Hautbildner und Thixotropiermittel
- Cobalt-vorbeschleunigt, mittelreaktiv und niedrigviskos
- Vom Germanischen Lloyd zugelassen für den Bootsbau

Anwendungsgebiet

Standardharz für **Boote, Behälter, Kfz-Bauteile, Verkleidungen, Wasserbassins (Teiche)** und **Formenbau**.

U 569 ist für die Verarbeitung im Handauflege- und Faserspritzverfahren gut geeignet. Es **tränkt** Verstärkungsmaterialien **leicht** und **läuft** aus geeigneten Laminaten **nicht ab**.

Ein besonderes Kennzeichen ist die **geringe Styrolverdunstung** und die dadurch **verringerte Styrolbelastung** am Arbeitsplatz.

Die Bezeichnung *U 569 TV-01V* bedeutet:
U = umweltfreundlich, T = thixotrop, V = vorbeschleunigt

Mit Palatal U 569 TV-01V lassen sich sowohl dünne wie auch dickwandige Lamine problemlos herstellen. Es ist universell anwendbar und wird vor allem dort eingesetzt, wo neben einer hohen Zähigkeit eine sehr gute Wärmeformbeständigkeit gefordert ist. Als Formstoff entspricht es dem Typ 1140 gemäß DIN 16946/2 und wird nach DIN 18820/1 der Gruppe 1 zugeordnet. Für die Anwendung im Bootsbau liegt die Zulassung von Det Norske Veritas und Lloyd's Register of Shipping vor.

Härter

Palatal U 569 TV-01 V wird mit MEKP-Härter verarbeitet. Die **Aushärtung an der Luftseite** ist wegen des Hautbildners **klebfrei**. Der Vorteil liegt darin, daß im Prinzip **keine Abschlußschicht** mit einem klebfrei härtenden Polyesterharz (UP-Vorgelat) erforderlich ist. Dies ist z.B. ideal beim Bau von Feuchtbiotopen (Gartenteiche, Schwimmteiche). Sofern die Oberfläche des Basislaminats nicht zu harzreich ist, kann die Überlaminierbarkeit innerhalb von 24 h als gut bezeichnet werden. Bei harzreichen Oberflächen, Überlaminierung nach längeren Verweilzeiten, bei Heißhärtung oder bereits erfolgter Nachhärtung der Lamine ist die Oberfläche vor Aufbringung des Folgelaminates anzuschleifen.

Packungsgrößen von 1 kg bis 220 kg
Bestell-Nr. 140 105-X

UP LAMINATING RESIN U 569TV-01V

PREACCELERATED STANDARD LAMINATING RESIN

Description

- *Unsaturated polyester, dissolved in styrene (based on orthophthalic acid),*
- *Contains anti-skinning and thixotropy-enhancing agents,*
- *Preaccelerated with cobalt, of medium reactivity and low viscosity,*
- *Approved by Germanischer Lloyd for boat building.*

Range of applications

Standard resin for boats, vessels, automobile parts, panelling, water tanks (ponds), and mould construction.



*U 569 is ideal for processing in hand and spray lay-up operations. It **easily impregnates** reinforcing materials and **doesn't run off** inclined laminates.*

*One particular characteristic is the **low volatilisation of styrene** and the resulting **minimisation of styrene pollution** at the workplace.*

The designation U 569 TV-01V contains the following abbreviations: U for "environmentally acceptable", T for "thixotropic", V for "preaccelerated".

With Palatal U 569 TV-01V, both thin- and thick-walled laminates can be manufactured without problems. It is universally applicable and is used above all where not only a high viscosity, but also a superior heat distortion temperature is required. As a moulded material it corresponds to the type 1140 as described under DIN 16 946/2 and is assigned to Group 1 of DIN 18 820/1. Its application in boat building has been approved by Det Norske Veritas and Lloyd's Register of Shipping.

Hardener

*Palatal U 569 TV-01V is processed with MEKP hardener. Owing to the anti-skinning agent, the **air side after curing is tack-free**. This has the advantage that in principle **no finishing coat** need be applied in the form of a polyester resin that cures tack-free (UP pre-gel). This is, for example, ideal in the construction of humid biotopes (garden ponds, swimming pools). Provided that the surface of the base laminate does not have too high a resin content, its suitability for the application of further laminates can be described as good within twenty-four hours. When surfaces have a high resin content, further laminates are applied after longer residence times, the parts are annealed, or the laminate has been post-cured, the surface must be ground before the next laminate is applied.*

*Packaging sizes from 1 kg to 220 kg
Order no. 140 105-X*



Polyester-Laminierharz U 569 TV-01V im Bootsbau

Polyester laminating resin U 569 TV-01V in boat building

3.10



Daten

Specifications

UP-Laminierharz U 569 TV-01V <i>UP laminating resin U 569 TV-01V</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	-	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	-	blau-trüb <i>dull blue</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,19
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25 °C	400
Flammpunkt DIN 51584 <i>Flash point DIN 51 584</i>	°C	34
Styrolgehalt <i>Styrene content</i>	%	40 - 45
Verarbeitungszeit mit 1% MEKP <i>Processing time with 1% MEKP</i>	Minuten/20 °C <i>minutes at 20 °C</i>	45
Verarbeitungszeit mit 2% MEKP <i>Processing time with 2% MEKP</i>	Minuten/20 °C <i>minutes at 20 °C</i>	20
Härtungstemperatur <i>Curing temperature</i>	ab °C <i>from °C</i>	18
Aushärtungszeit (im Laminat) <i>Curing time (in laminate)</i>	ca. Stunden/20 °C <i>approx. hours at °C</i>	10
Lagerung (verschlossen, unter 15 °C) <i>Storage (sealed at below 15 °C)</i>	Monate <i>months</i>	3 - 6

Daten der unverstärkten, gehärteten Harzmassen

Specifications of the unreinforced, cured resin compounds

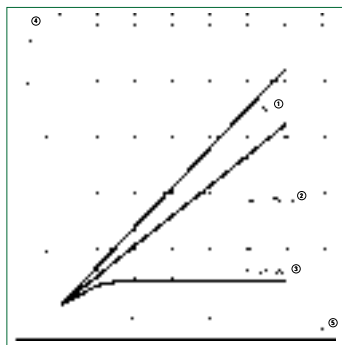
UP-Laminierharz U 569 TV-01V <i>UP laminating resin U 569 TV-01V</i>	DIN <i>DIN</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	53 455	MPa	80
Zug-E-Modul <i>Tensile modulus</i>	53 457	MPa	3500
Reißdehnung <i>Elongation at break</i>	53 455	%	3
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	53 452	MPa	130
Biege-E-Modul <i>Flexural modulus</i>	53 457	MPa	3900
Wärmeformbeständigkeit (Martens) <i>Heat distortion temperature (HDT)</i>		°C	80
Glasübergangstemperatur T_g <i>Glass transition temperature T_g</i>		°C	130

Härtungsbeispiele in verschiedenen Laminaten

Examples of curing in various laminates

UP-Laminierharz U 569 TV-01V <i>UP laminating resin U 569 TV-01V</i>	Laminatdicke mm <i>Laminate thickness</i>	2	10	15
Anzahl Mattenlagen 450 g/m ² <i>Number of 450 g/m² mat layers</i>	Lagenzahl <i>Number of layers</i>	2	12	18
Härtemenge MEKP <i>Quantity of hardener MEKP</i>	%	3	1	1
Härtezeit <i>Curing time</i>	Minuten <i>minutes</i>	75	55	45
Temperaturspitze <i>Peak temperature</i>	°C	30	45	140
Barcolhärte nach 1 Tag <i>Barcol hardness after 1 day</i>	-	25 - 45	40 - 55	45 - 75

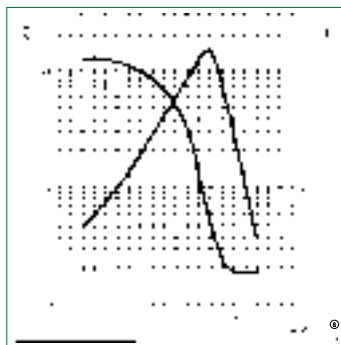
3.11



3 Styrolverdunstung von Palatal U 569 im Vergleich zu Styrol und Palatal-Harz ohne Hautbildner

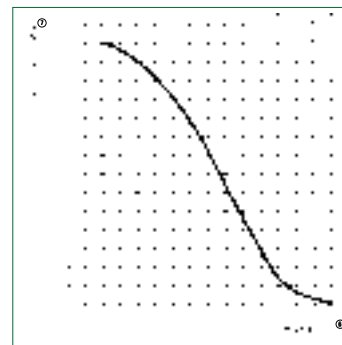
Volatilisation of styrene in Palatal U 569 compared with styrene and Palatal resin w/o skinning agent

- ① styrene
- ② resin without skinning agent
- ③ resin with skinning agent
- ④ styrene emission
- ⑤ time
- ⑥ temperature
- ⑦ torsional modulus G'



Torsionsmodul G' und logarithmisches Dekrement der mechanischen Dämpfung von Formstoffen aus Palatal U 569 TV-01, Nachhärtung 24 h bei 120 °C

Torsional modulus G' and logarithmic decrement of the mechanical resistance of moulded materials of Palatal U 569 TV-01, post-cured for 24 hr at 120 °C



Torsionsmodul G' der mechanischen Dämpfung von Formstoffen aus Palatal U 569 TV-01, Nachhärtung 24 h bei 120 °C

Torsional modulus G' of the mechanical resistance of moulded materials of Palatal U 569 TV-01, post-cured for 24 hr at 120 °C



"Aus Mücken Elefanten" macht die Fa. Ingo Laue Werbeobjekte, Buggingen. Dazu wird ein Schaumkern im Handlaminierverfahren mit Polyesterharz und Glastmatte beschichtet und anschließend farblich nachbehandelt. So entstehen überdimensionale Werbeobjekte und Dekorationen.

The company Ingo Laue Werbeobjekte in Buggingen makes "mountains out of molehills". Here, a foam core is laid up with glass mat and polyester resin by hand and then treated with pigments. The result is oversized advertising objects and decorations.



Eine typische Anwendung für das UP-Laminierharz U 569 ist die Herstellung von Garten- und Schwimmteichen.

A typical application for UP laminating resin U 569 is in the construction of garden ponds and swimming pools.

3.12

UP-GIESSHARZ GLASKLAR

VORBESCHLEUNIGTES, GLASKLARES GIESSHARZ

Beschreibung

- **Niedrigviskoses, mittelreaktives, lichtstabilisiertes Orthophthalsäure-Polyesterharz**
- **Cobalt-vorbeschleunigt, rissunempfindlich**
- **Härtet glasklar aus**

Anwendungsgebiet

Wegen der sehr hellen Farbe und der weitgehend rißfreien Aushärtung wird dieses **Einbettungsharz** vorzugsweise unverstärkt als Giessharz eingesetzt.

Es können bis zu etwa **5 Liter große Blöcke** bei **rissfreier Aushärtung** hergestellt werden.

Falls die freiwerdende Reaktionswärme stört, sollte in Schichten von 2 - 3 cm Dicke gegossen werden. Durch die Oberflächenklebrigkeit des Harzes läßt sich in aller Regel jeweils nach dem Angelieren eine weitere Schicht aufbringen, wobei eine leichte Trennlinie sichtbar werden kann. Zur **Einbettung** eignen sich **Metalle** (Münzen, elektronische Bauteile), **anorganische** (Muscheln, Steine) und **organische Präparate** (Pflanzen, Insekten).

Die Gegenstände müssen **trocken** sein; das Eingießen wasserhaltiger Objekte (frische Lebensmittel, Pflanzen) ist nicht möglich, da die Giesslinge stark eintrüben und eine fahlgraue Farbe bekommen.

Härter

Das Harz wird mit MEKP-Härter verarbeitet. Nicht wasserfreies Peroxid kann zur Schlierenbildung führen, daher möglichst immer **frischen Härter** verwenden. Die **Härterzugabe** beträgt bei Giesslingen **bis 1 l Volumen 1 %** (Gelierzeit 35 Minuten), **darüber** nur noch **0,6 %** (Gelierzeit 23 Minuten). Die Teile können bereits nach 60 - 90 Minuten entformt werden.

Giessformen

Am besten geeignet sind Behältnisse mit glatter, glänzender Oberfläche (Glas, Metall, Kunststoff). Mit Ausnahme einiger Kunststoffe (Polyethylen, Polypropylen) muß ein **Trennmittel** verwendet werden (z.B. R&G Grundierwachs).

Elastische Formen aus **Silikonkautschuk** sind selbsttrennend.

Giesstechnik

Vor dem Einlegen des Objekts wird zunächst eine erste Schicht als Boden eingegossen und angehärtet. Dadurch läßt sich das Absinken des Gegenstandes auf die Unterseite verhindern.

Komplizierte Objekte werden in mehreren Schichten von je 10 - 20 mm Dicke vergossen, da eventuelle Lufteinschlüsse so besser kontrolliert und beseitigt werden können.



Eingegossenes Metallschiff
Die-cast ship model
embedded in transparent resin

Packungsgrößen von 1 kg bis 220 kg
Bestell-Nr. 140 125-X

UP CAST RESIN TRANSPARENT

PREACCELERATED, TRANSPARENT CAST RESIN

Description

- **Low-viscosity, light-stabilised orthophthalic acid polyester resin of medium reactivity**
- **Preaccelerated with cobalt, unsusceptible to cracking**
- **Transparent after curing**

Range of applications

Owing to its very light colour and almost complete unsusceptibility to cracking when curing, this **embedding resin** is used as a cast resin, mostly in the unreinforced state.

This resin **cures free of cracks** and can yield **blocks up to about five litres in volume**.

If the released reaction heat should pose a problem, then the coats should be cast to a thickness of 2 - 3 cm. In general, the tackiness of the resin's surface, after initial gelling, allows the application of a further coat, whereby a faint line may become visible at the interface. Suitable **embedded materials** are **metals** (coins, electronic components) as well as **inorganic** (seashells, stones) and **organic preparations** (plants, insects).

The specimens for embedding must be **dry**; embedding hydrous specimens (fresh groceries, plants) will cause the casts to cloud and take on a wan grey colour.

Hardener

The resin is processed with an MEKP hardener. Non-anhydrous peroxide can lead to streaking: one reason that **fresh hardener** should always be used whenever possible. For casts up to **one litre in volume**, the **added hardener** should be **1 %** (gelling time 35 minutes); **for larger volumes**, only **0.6 %** (gelling time 23 minutes). The parts can be demoulded as early as 60 - 90 minutes afterwards.

Casting moulds

The most suitable moulds are receptacles with a smooth, glossy surface (glass, metal, plastic). With the exception of a number of plastics (polyethylene, polypropylene), a **release agent** must be used (e.g. R&G priming wax).

Elastic moulds of silicone rubber moulding compound are self-releasing.

Casting procedure

Before the specimen is placed in the mould, a first coat is applied as the base and allowed to cure partly. This base prevents the specimen from sinking to the bottom of the mould. Complex specimens are embedded in several coats of 10 - 20 mm thickness each so that air inclusions can be better checked and remedied.

Packaging sizes from 1 kg to 220 kg
Order no. 140 125-X

Einfärbungen

Sind möglich mit UP-Farbpasten (deckend) oder Transparentfarben (Bestell-Nr. 130 155-1 bis 130 195-1). Transparentfarben nur tropfenweise zusetzen.

Nachbearbeitung

Durch den -polyestertypischen- Schwund bei der Aushärtung löst sich der Gießling meistens von den Formwänden ab. Dadurch kann es zu einer leichten Fehlhärtung der Oberfläche kommen, die dann zunächst klebrig ist. Bei größeren Gießlingen ist die Härtung an der Luftseite, bedingt durch die höhere Reaktionswärme und den schnelleren Härtingsverlauf, praktisch klebfrei. Der Gießling lässt sich gut schleifen und von Hand oder mittels Schwabbel-scheibe polieren.

Zum Hochglanzschwabbeln wird die Schwabbel-scheibe in das Bohrfutter einer Bohrmaschine eingespannt und diese, am besten waagrecht liegend, in einem Stativ befestigt. Auf die rotierende Schwabbel wird Glanzkomposition (R&G Bestell-Nr. 315 100-1) aufgetragen und der Gießling mit beiden Händen einige Minuten angedrückt.

Colouring

Both UP colour pastes (opaque) and transparent colours (order nos. 130 155-1 to 130 195-1) can be used. Transparent colours must be applied in drops only.

Finishing

The typical shrinkage polyesters undergo when curing means that the cast in most cases detaches from the walls of the mould. This can lead to a slight inadequacy in the curing of the surface, which is then tacky for a time. In the case of larger casts, curing on the air side yields a practically tack-free surface owing to the higher reaction heat and the faster progress of curing. The cast can be ground well and polished by hand or with a buffing wheel.

For high-gloss buffing, the buffing wheel is clamped in a drill chuck, which is fixed in place, at best vertically, with a support stand. High-gloss composite (R&G order no. 315 100-1) is applied to the rotating buffing wheel, which is pressed against the cast by hand for a few minutes.

Daten

Specifications

UP-Gießharz Glasklar <i>UP cast resin transparent</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	-	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	-	klar <i>transparent</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,12
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/20 °C	1000 ± 100
Flammpunkt DIN 51584 <i>Flash point DIN 51 584</i>	°C	34
Styrolgehalt <i>Styrene content</i>	%	35 ± 1
Verarbeitungszeit (bei 1 kg Harzansatz) mit 0,6 % MEKP <i>Processing time with 0.6 % MEKP in 1 kg resin</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	ca. 20 <i>approx. 20</i>
Verarbeitungszeit (bei 1 kg Harzansatz) mit 1% MEKP <i>Processing time with 1% MEKP in 1 kg resin</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	ca. 10 <i>approx. 10</i>
Härtungstemperatur <i>Curing temperature</i>	ab °C <i>from °C</i>	18
Brechungsindex <i>Refractive index</i>	n _D 25	1,54
Lagerung (verschlossen, unter 15 °C) <i>Storage (sealed at below 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	3 - 6

3.14



Daten der unverstärkten, gehärteten Harzmassen

Specifications of the unreinforced, cured resin compounds

UP-Gießharz Glasklar <i>UP cast resin transparent</i>	DIN <i>Unit</i>	Einheit <i>Value</i>	Wert <i>Wert</i>
Schlagzähigkeit <i>Impact strength</i>	53 453	kJ/m ²	8
Biegefestigkeit <i>Flexural strength</i>	EN 63	MPa	90
Biege-E-Modul <i>Flexural modulus</i>	53 457	MPa	3500
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	EN 61	MPa	55
Bruchdehnung <i>Elongation at break</i>	EN 61	%	2,5
Wärmeformbeständigkeit Martens <i>Heat distortion temperature Martens</i>	53 458	°C	55
Wärmeformbeständigkeit ISO 75/A <i>Heat distortion temperature ISO 75/A</i>	53 461	°C	70
Glasübergangstemperatur T _g <i>Glass transition temperature T_g</i>	53 455	°C	55
Wärmeleitfähigkeit <i>Thermal conductivity</i>	52 612	W/mK	0,14
Lineare Wärmehdehnzahl 0 - 70 °C <i>Coefficient of linear thermal expansion 0 - 70 °C</i>	VDE 0304	10 ⁻⁶	115
Spezifische Wärme 0 - 70 °C <i>Specific heat 0 - 70 °C</i>	VDE 0335	kJ/kg K	1,4
Schrumpfung bei der Härtung <i>Shrinkage after curing</i>	16 946	%	7
Dichte bei 20°C <i>Density at 20 °C</i>	53 479	g/cm ³	1,22
Wasseraufnahme nach 7 d/20 °C <i>Water absorption after 7 days at 20 °C</i>	-	%	0,4
Dielektrizitätszahl ε bei 10 ⁶ Hz <i>Dielectric constant ε at 10⁶ Hz</i>	53 483	-	3,0
Dielekt. Verlustfaktor tan δ bei 10 ⁶ Hz <i>Dielectric dissipation factor tan δ at 10⁶ Hz</i>	53 483	-	0,02
Oberflächenwiderstand <i>Surface resistance</i>	53 482	Ω	10 ¹³
spez. Durchgangswiderstand <i>Volume resistivity</i>	53 482	Ω cm	10 ¹⁵

UP - VORGELAT

DER SCHWABBELLACK UND SEINE VERARBEITUNG

Aus UP-Vorgelat (Schwabbellack) werden **Schutzschichten** mit hoher UV-Absorption hergestellt. Die Anwendung erfolgt als **Deckschichtharz** (Feinschichtharz, Gelcoat, Vorlack) und **Topcoat** (Oberflächenharz, Schlußlack).

UP-Vorgelat ist für **Polyester-** und speziell auch für **Epoxydharze** geeignet. Es wird vor allem im Segelflugzeugbau für die Herstellung reinweißer, hochglänzender Deckschichten in Verbindung mit Epoxyd-Laminierharzen eingesetzt.

Charakterisierung

Vorgelat wird auf der Basis flexibilisierter, lufttrocknender ungesättigter Polyesterharze hergestellt; es enthält Füllstoffe und Additive.

UP-Vorgelat ist Cobalt-vorbeschleunigt und wird durch Zugabe eines geeigneten Peroxids (MEKP-Härter) gehärtet.

Vorgelat ist **absolut paraffinfrei** und härtet mit seidenmatten (polierfähigen) und vollkommen klebfreien Oberflächen aus.

- **UP-Vorgelat ist das meistverwendete Produkt, wenn besonders widerstandsfähige Deckschichten gewünscht sind**
- **Die Oberfläche ist weitgehend licht- und wetterfest und weist eine für solche Produkte außergewöhnlich hohe Kratzfestigkeit auf**
- **UP-Vorgelat wird standardmäßig farblos und weiß geliefert.**

Lagerung

UP-Vorgelat wird vorbeschleunigt geliefert.

Bei Temperaturen unter +10 °C beträgt die Lagerfähigkeit von Vorgelat, Härter und Verdünner **mindestens 6 Monate**.

Bei 10 - 20 °C sind die Produkte ca. 3 - 4 Monate lagerfähig.

Vorgelat kann ab 30 kg auch in tropenstabilisierter Einstellung (= nicht vorbeschleunigt), geliefert werden, wodurch sich die Lagerfähigkeit bei 20 - 30 °C auf mindestens 6 Monate verlängert.

Mischungsverhältnis

100 Gewichtsteile UP-Vorgelat, 2 - 3 Gewichtsteile MEKP-Härter und bis max. 10 Gewichtsteile Styrol (nur zum Spritzen).

Immer mit so wenig Verdünner als möglich arbeiten!

Zur weiteren Verdünnung können dem fertigen Harz-Härtergemisch neutrale Lösemittel wie Aceton zugesetzt werden. Durch die Verdunstungskälte kann sich jedoch die Topfzeit verlängern, was wiederum eine erhöhte Styrolverdunstung begünstigt (--> Elefantenhaut). Beim Arbeiten mit Lösungsmittel auf warme Formoberflächen achten.

Vor allem bei der Verarbeitung mit Airbrush-Spritzpistolen ist eine sehr niedrige Vorgelat-Viskosität erforderlich.

Auch bei Beschichtungen sind in Hinsicht auf einen völlig gleichmäßigen Verlauf lackähnliche Eigenschaften erwünscht.

Topfzeit

- **mit 2 % MEKP-Härter ca. 15 - 20 Minuten (100 g bei 20° C ohne Verdünnerzugabe)**
- **20 - 25 Minuten bei 10 % Styrol-Verdünnung**

3.16

UP PRE - GEL

UP - GEL AND HOW IT IS PROCESSED

UP pre-gel (gel coat) is used to make **protective coats** with high UV absorption. UP pre-gel is applied as an **overlay resin** (gel coat, base varnish) and **top coat** (surface resin, finishing varnish).

UP pre-gel is suitable for **polyesters** and, specifically, for **epoxy resins** as well. It is used above all in the construction of gliders for manufacturing pure-white, high-gloss overlays in conjunction with epoxy laminating resins.

Characteristics

Pre-gel is manufactured on the basis of flexibilized unsaturated polyester resins drying in air and contains fillers and additives.

UP pre-gel is preaccelerated with cobalt and is cured through the addition of a suitable peroxide (MEKP hardener).

Pre-gel is **absolutely free of paraffin** and cures to yield silk-mat (polishable) and perfectly tack-free surfaces.

- **UP pre-gel is the most frequently used product when particularly resistant overlays are required.**
- **The surface is highly resistant to light and weathering and exhibits a scratch resistance that is unusually high for products of this category.**
- **The standard delivered states of UP pre-gel are transparent and white.**

Storage

UP pre-gel is delivered in a preaccelerated state.

At temperatures below +10 °C the shelf life of pre-gel, hardener, and diluent is **six months at least**.

At 10 - 20 °C the products can be stored for about three to four months.

From package sizes greater than 30 kg, pre-gel can be delivered in a tropical-stabilised state (i.e. not preaccelerated), whereby the shelf life at 20 - 30 °C is extended to at least six months.

Mixing ratio

This is 100 parts by weight of UP pre-gel, 2 - 3 parts by weight of MEKP hardener, and max 10 parts by weight of styrene (for sprayed applications only).

Always work with as little diluent as possible!

The ready-made resin-hardener mixture can be diluted further through the addition of neutral solvents such as acetone. However, the evaporative cold can extend the pot life, promoting further the volatilisation of styrene (--> alligatoring). Make sure that the mould surfaces are warm when working with solvents. A very low viscosity for the pre-gel is required above all for applications with an airbrush.

Also when applied as coatings, pre-gel is required to spread completely uniformly to exhibit properties similar to varnish.

Pot life

- **With 2 % MEKP hardener approx. 15 - 20 minutes (100 g at 20 °C w/o added diluent)**
- **20 - 25 minutes with 10 % styrene diluent**

UP-VORGELAT

DER SCHWABBELLACK UND SEINE VERARBEITUNG

Gelierzeit

- **ca. 60 Minuten** (je nach Temperatur und Schichtstärke)

Klebfrei

- nach ca. **2 - 3 Stunden** bei 20° C

Belastbar

- nach **5 - 6 Stunden (leicht)**, schleifbar nach ca. 10 Stunden, **voll ausgehärtet** und polierfähig nach **2 - 3 Tagen** bei Raumtemperatur.

Zusätze

Es ist generell möglich, die Reaktivität des Vorgelats durch Zugabe von Beschleunigern (z.B. Cobalt-Beschleuniger) zu erhöhen.

Mit den üblichen Verzögerern (z.B. Inhibitorlösung) läßt sich die Verarbeitungszeit verlängern.

Wichtig: Zusätze von Beschleunigern oder Verzögerern können den Farbton verändern und die Beständigkeit verschlechtern. Ausreichende Vorversuche sind daher empfehlenswert!

Zum **Einfärben** eignen sich Polyesterfarbpasten. Je nach gewünschtem Farbton bzw. Deckkraft werden normalerweise ca. 10 - 20 % Pigmentpaste zugegeben. Die Pigmentpasten werden vor der Härterzugabe gründlich in das Vorgelat eingemischt.

Zum Einfärben, besonders wenn dunkle Farbtöne benötigt werden, eignet sich UP-Vorgelat farblos. Werden Farbpasten in ein weißes Vorgelat gemischt, ergibt sich ein heller Pastellton.

Transparentfarben eignen sich nur für farblose Polyesterharze.

Verarbeitung

UP-Vorgelat kann gestrichen, gewalzt oder gespritzt werden. Die **Spritzverarbeitung** ergibt, wie auch bei Lacken, die gleichmäßigsten Oberflächen. Am geeignetsten ist eine Luftpistole, Düse 2 - 3 mm, Druck 3 - 5 bar oder Airless mit Düse und Druck je nach Objektgröße.

Durch die thixotrope Einstellung der Vorgelate kann eine Naßfilm-Schichtstärke bis ca. 0,5 mm an senkrechten Flächen aufgetragen werden.

Die optimalen **Verarbeitungstemperaturen** liegen bei **20 - 25°C**; tiefere Temperaturen bewirken eine starke Zunahme der Viskosität (erschwerter Verarbeitung), höhere Temperaturen verkürzen die Topfzeit. Bei 30 °C reduziert sich die Topfzeit auf die Hälfte.

Werden **mehrere Schichten** aufgetragen, so empfiehlt es sich, die einzelnen Spritzgänge **naß-in-naß** auszuführen. Die erforderliche Abluftzeit zwischen den Spritzgängen beträgt ca. 5 - 10 Minuten.

Beginnt die untere Schicht bereits zu gelieren, besteht die Gefahr der **Elefantenhautbildung**, d.h. die angelierende Schicht wird durch das Styrol der neu aufgetragenen Schicht angelöst. Die untere Schicht quillt dabei auf und kräuselt sich ein (siehe auch Seite 3.06 **Untervernetzungen**).

Anwendung als Deckschichtharz

Bei der Kombination von UP-Vorgelat mit Epoxid-Laminierharzen *anderer Hersteller* sind ausreichende Vorversuche auf Haftung und Verträglichkeit durchzuführen. Ungeeignete Epoxidharze können die Vorgelatschicht schädigen bzw. zerstören (Verfärbung, Versprödung, Riß- bzw. Blasenbildung).

Auf die mit Trennmittel vorbehandelte Formoberfläche wird das UP-Vorgelat in geeigneter Weise aufgetragen. Die Formtemperatur muß mindestens 20 °C betragen.

UP PRE-GEL

GEL COAT AND HOW IT IS PROCESSED

Gelling time

- **Approx. 60 minutes** (depending on temperature and coat thickness)

Tack free

- After approx. **2 - 3 hours** at 20 °C

Loading capability

- After **5 - 6 hours (light loads)**, grindable after approx. 10 hours, **completely cured** and polishable after **2 - 3 days** at room temperature.

Additives

In general, the reactivity of the pre-gel can be enhanced through the addition of accelerators (e.g. cobalt accelerator).

The processing time can be extended with the usual retarders (inhibitor solution).

Important Adding accelerators or retarders can alter the colour tone and be detrimental to the resistance values. For this reason, adequate preliminary testing is recommended.

Polyester colour pastes are suitable for **colouring**. Normally, about 10 - 20 % pigment paste is added, depending on the colour tone or covering power wanted. The pigment pastes are mixed thoroughly into the pre-gel before the hardener is added.

When dark colour tones are required, UP pre-gel transparent proves particularly suitable. When colour pastes are mixed into a white pre-gel, the result is a light pastel tone.

Transparent colours are suitable for colourless polyester resins only.

Processing

UP pre-gel can be applied with a brush, roller, or spray gun. **Sprayed applications** give rise, as is the case with varnishes too, to the most uniform surfaces. The most suitable applicator is an airbrush working with a 2 - 3 mm nozzle under a pressure of 3 - 5 bar or an airless gun with the nozzle and pressure adapted to the size of the work piece.

The pre-gel's thixotropic state means that it can be applied to vertical surfaces as a wet film with a max thickness of about 0,5 mm.

The optimal **processing temperatures** range from **20 to 25 °C**; lower temperatures promote a sudden increase in viscosity (processing becomes more difficult), higher temperatures shorten the pot life. At 30 °C the pot life is cut by half.

When **several coats** are needed, it is recommended to perform each spray course **wet-in-wet**. The de-airing time needed between the spray courses is about five to ten minutes.

When the lower coat starts to gel, there is a risk of alligating, i.e. the lower coat will be "bitten" by the styrene from the coat applied on top. The lower coat will then swell and wrinkle (see also the section on inadequate cross-linking on page 3.06).

Application as an overlay

When UP pre-gel is combined with epoxy laminating resins from other manufacturers, adequate preliminary tests must be conducted on adhesion and compatibility. Unsuitable epoxy resins can damage or destroy the pre-gel coat (discoloration, embrittlement, cracking, or bubbling).

The UP pre-gel is applied in a suitable manner to the mould surface pretreated with release agent. The mould temperature must be at least 20 °C.

Bevor **Epoxydharz** aufgebracht werden kann, muß das Vorgelat gut geliert sein, d. h. die Oberfläche muß eine gleichmäßige Mattierung aufweisen. Beim Überstreichen der aufgetragenen Schicht darf der Finger keine Farbe mehr annehmen.

Wird Epoxydharz zu früh aufgetragen, besteht die Gefahr, daß Bestandteile des Aminhärters die vollständige Härtung verzögern bzw. verhindern.

Da Vorgelate absolut paraffinfrei sind, ist der **Verbund** mit dem **Epoxydharz** auch noch nach mehreren Tagen Härtingszeit **einwandfrei**. Daher kann EP sowohl nach dem gründlichen Gelierten als auch nach der Härtung über Nacht bzw. über ein Wochenende aufgebracht werden.

Anwendung als Topcoat

Zum Nachlackieren muß immer die gleiche Vorgelat-Charge eingesetzt werden, damit keine Farbtonunterschiede auftreten.

Wird Vorgelat auf Epoxydharz aufgetragen, muß das EP gut durchgehärtet sein, da sonst die Gefahr besteht, daß noch freie Amingruppen vorhanden sind, die eine Härtung verzögern bzw. verhindern. Um eine gute Haftung zu erzielen, ist ein trockener, sauberer, angeschliffener Untergrund notwendig.

Um Übergänge beim Beilackieren zu vermeiden, muß mit Schleifpapier Korn 240 oder gröber angeschliffen werden.

Wird frisches Vorgelat auf bereits durchgehärtetes (getempertes) Vorgelat aufgetragen, ist nach dem Anhärten noch ein leichter Farbtonunterschied sichtbar. Dieser verschwindet selbständig nach der Durchhärtung der neu aufgetragenen Schicht (bei RT ca. 2 - 4 Tage, bei 50 °C ca. 3 - 4 Stunden).

Sollen nur **kleine Stellen nachgebessert** werden, kann folgendermaßen gearbeitet werden:

UP-Vorgelat mit 2 - 3 % MEKP-Härter anmischen, 10 % Styrol zugeben und zusätzlich mit einer beliebigen Menge Aceton verdünnen. (Das Lösemittel muß chemisch rein sein). Diese sehr dünnflüssige Mischung kann dann mit einer feinen Düse (0,5 - 0,8 mm) verarbeitet werden.

Wichtig: die zugegebenen Lösemittel müssen aus der aufgetragenen Schicht vor dem Gelierten entweichen. Deshalb dürfen nur dünne Schichten (ca. 0,05 - 0,06 mm) in einem Arbeitsgang aufgetragen werden. Nach ca. 5 - 10 Minuten Abluftzeit können weitere Schichten "naß-in-naß" aufgetragen werden.

Durch die Zugabe von ca. 10 - 20 % Lösemittel verlängert sich die Topfzeit um 50 - 100 %.

Zum Beschichten von Oberflächen kann nach der Anleitung "Tragflächenbeschichtung mit GFK" gearbeitet werden. Die Broschüre ist bei R&G erschienen und kann gegen eine geringe Schutzgebühr bestellt werden.

Verfärbungen

Während der Verarbeitung auftretende Farbtonänderungen im Vorgelat sind normal. Diese treten meist kurz nach Zugabe des Härters auf.

UP-Vorgelat farblos ist im Lieferzustand bräunlich-transparent, wirkt aber als Deckschicht farblos-transparent.

UP-Vorgelat weiß ist im Lieferzustand, bedingt durch den Anteil an Cobalt-Beschleuniger, leicht violett.

Hinweise zur Pflege von Vorgelat-Oberflächen

Geeignet sind die üblichen Lackpflegemittel mit oder ohne Siliconzusatz, und Wasser, das auch mit normalen Zusätzen üblicher Spülmittel versetzt sein kann.

Nicht nur zum Entfernen von Fliegen, sondern auch von Fingerabdrücken, festgeklebtem Staub und Schmiermitteln eignen sich Teerentfernungsmittel auf Benzinbasis (aus Autopflegesets). Diese sollten aber nicht längere Zeit mit Lappen, Watte oder ähnlichem auf die Flächen einwirken, da ein Anquellen mit anschließendem *Einfallen* möglich sein kann.

Before epoxy resin can be applied, the pre-gel must first be well gelled, i.e. the surface must exhibit a uniform matting. Once the coat has been applied, no colour must come off when stroked with a finger.

If epoxy resin is applied too early, there is a risk that constituents of the amine hardener retard or prevent complete curing.

Pre-gels are absolutely free of paraffin, so they bond perfectly with the epoxy resin, also after several days' curing. Consequently, EP can be applied after both thorough gelling and curing overnight or over the weekend.

Application as a top coat

The same batch of pre-gel must always be used for the finishing coat of varnish so that no differences in colour tone can arise.

When pre-gel is applied on epoxy resin, the EP must be thoroughly cured if there is to be no risk of any free amine groups being left over to retard or prevent curing. Good adhesion can be obtained only when the base surface is dry, clean, and ground.

Visible transitions to touch-up work can be removed with abrasive paper (grain size 240 or coarser).

When fresh pre-gel is applied to a coat of pre-gel that has already cured thoroughly (annealed), a slight difference in colour tone becomes visible after initial curing. This vanishes by itself after the next applied coat has cured thoroughly (approx. 2-4 days at RT, approx. 3-4 hours at 50 °C).

When only small areas have to be touched up, the work can be performed as follows.

Mix UP pre-gel with 2-3 % of MEKP hardener, add 10 % of styrene, and dilute in addition with the requisite quantity of acetone (the solvent must be chemically pure). The mixture now has an extremely low viscosity and can be applied through a fine nozzle (0.5-0.8 mm).

Important The added solvent must be allowed to escape from the applied coat before it gels. For this reason, only very thin coats (approx. 0.05-0.06 mm) may be applied in one working cycle. After a de-airing time of about five to ten minutes, the next coats can be applied "wet-in-wet".

Adding approx. 10-20 % solvent extends the pot life by 50-100 %.

Instructions on how to coat surfaces are given in "Tragflächenbeschichtung mit GFK", a brochure published by R&G and available for a nominal fee.

Discolorations

When the pre-gel is processed, changes in colour tone are normal and in most cases occur shortly after the addition of the hardener.

In the delivered state, UP pre-gel colourless is brownish transparent, but as an overlay is colourless transparent.

In the delivered state, UP pre-gel white is a slight violet owing to the proportion of cobalt accelerator.

Taking care of pre-gel surfaces

Suitable agents are the usual varnish care products (with or without silicone additives) and water, to which the normal quantity of customary cleaning agent has been added.

Petrol-based detarring agents (from car cleaning sets) are suitable for removing not only flies, but also fingerprints, dust adhering to the surface, and lubricants. These agents should not be allowed to work into the surfaces for longer periods after being applied with cloths, cotton wool, or similar, otherwise the surfaces may swell and collapse.

Im Falle von **Reparaturen** können siliconhaltige Pflegemittel Probleme beim Beilackieren bereiten. Deshalb empfehlen wir nach Möglichkeit die Verwendung siliconfreier Produkte.

Auch scharfe Lösungsmittel und Verdünnungen können nicht eingesetzt werden, da ein starkes Anquellen mit *Einfällen* möglich ist. **Nicht zu gebrauchen** sind vor allem **ester- und ketonhaltige Verdünnungen** (Aceton, Essigester) und Lackverdünner aller Art.

Alkohole, wie Spiritus oder Isopropanol (Isopropylalkohol), **Washbenzin** und andere aliphatische Kohlenwasserstoffe können **vorsichtig verwendet** werden. Allerdings, wie gesagt, ohne starkes Reiben oder längere Einwirkzeit.

Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW wie Methylenchlorid, Trichlorethylen, Chloroform, Tetra, Trichlorethan, Per) sollten **unbedingt vermieden** werden, da sie die UP-Lackschicht in kurzer Zeit völlig zerstören.

Zudem sind CKW biologisch kaum abbaubar, sehr umweltbelastend und gesundheitsschädlich.

Nicht geeignet ist eine Lösemittelbehandlung von Flugzeugen mit dem Ziel, die ungünstige Aerodynamik von perlenförmigen Regentropfen bei Regenwetter auszuschließen. Durch Lösemittel wird die Harzoberfläche angegriffen; somit kann die Erosion voll wirken, das Vorgelat ist der Sonne, den UV-Strahlen und sonstigen Belastungen schutzlos ausgesetzt und wird dadurch in kurzer Zeit zerstört.

Übliche Kunststoffmöbel-Polituren, die auf eine Schichtbildung zur Verhinderung der elektrostatischen Aufladung durch Luft- und sonstige Reibung beruhen, sollten auf die Plexiglas® (Acrylglas)-Hauben beschränkt bleiben. Vorgelat-Deckschichten laden sich wesentlich weniger auf als Plexiglas®, jedoch verbindet sich der entstehende Film mit Poliermittelresten zu einer fest haftenden Schmiere, die nur noch mit Lösemitteln entfernt werden kann. Der Schaden ist größer als der vermeintliche Nutzen.

Ist eine **Generalüberholung** notwendig, wird die gesamte Oberfläche mit Naßschleifpapier überschleift. Dabei sollten möglichst feine Körnungen verwendet werden. Grobe Schleifpapiere verursachen tiefe Schleiffrillen, die unter Umständen Spannungsrisse auslösen können (Kerbwirkung).

Beim **Aufpolieren** mit Schwabbelnscheibe und Polierwachs ist unbedingt darauf zu achten, daß **örtliche Überhitzungen** vermieden werden, da solche ein Ablösen der Vorgelatschicht vom Laminat bewirken.

Geeignete Schwabbeln, Schleif-, Polier- und Glanzwaxse sowie Hinweise zur Oberflächenbearbeitung finden Sie in unserem Zubehörprogramm.

*In the case of **repairs**, there may be problems with touching up when care products containing silicone are used. The use of silicone-free products is therefore recommended.*

*Also strong solvents and diluents cannot be used, otherwise the surface may suffer severe swelling and collapse. **Not to be used** are above all **diluents containing ester or ketone** (acetone, ethyl acetate) and paint thinners of any kind.*

***Alcohols** such as spirits or isopropanol, **benzine**, and other aliphatic hydrocarbons can be **used with caution**. However, as mentioned above, without strong rubbing or longer application times.*

***Chlorinated hydrocarbons** (such as methylene chloride, trichloroethylene, chloroform, carbon tetrachloride, trichloroethane, perchloroethylene) completely destroy coats of UP varnish within a short time and so should be **avoided at all costs**. Moreover, chlorinated hydrocarbons are resistant to biological degradation, pose a serious threat to the environment, and are harmful to health.*

Solvents are unsuitable for treating aircraft with the object of preventing beads of rain from impairing the aerodynamics.

Solvents attack the resin surface, paving the way for the full effects of erosion: the pre-gel is exposed to the sun, UV radiation, and other harmful effects and is destroyed within a short time.

Customary brands of plastic furniture polish that form a coating to prevent electrostatic build-up caused by friction should be restricted to the perspex (acrylic glass) cowls. Pre-gel overlays experience a far lower electrostatic build-up than perspex, but the film binds with residue of polish to form a stubbornly adhesive grease that can be removed with solvents only. The damage is greater than the spurious benefits.

*When a **general overhaul** becomes necessary, the whole surface is rubbed over with wet abrasive paper, whereby the finest grain sizes possible should be used. Coarse abrasive paper causes deep cuts in the surface, which could promote stress cracking (notch effect).*

*When **repolishing** with a buffing wheel and polishing wax, the processor must make sure that there is no **local overheating**, otherwise the pre-gel coat can detach from the laminate.*

Suitable buffing wheels and abrading, polishing, and high-gloss wax as well as information on processing surfaces can be found in our accessories programme.



Spritzapplikation von UP-Vorgelat in eine Tragflügelform

Sprayed application of UP pre-gel in a wing mould

UP - VORGELAT

VORBESCHLEUNIGTES, WEISSES ODER FARBLOSES DECKSCHICHTHARZ

Beschreibung

- **Weißes / farbloses Gelcoat für Epoxyd- und Polyesterlaminat**
- **Klebfrei härtend, aber paraffinfrei**
- **Cobalt-vorbeschleunigt**

Anwendungsgebiet / Verarbeitung

Thixotroper (nicht ablaufender), weißer oder farbloser **Schwabbellack** für Deckschichten und Oberflächenbeschichtungen von Epoxyd- und Polyesterlaminaten.

Als Bindemittel dient ein lufttrocknendes, flexibilisiertes, ungesättigtes Polyesterharz.

Das System ist **absolut paraffinfrei** und härtet **auch in dünnsten Schichten völlig klebfrei** aus.

Die **Haftung** mit R&G Epoxydharzen ist einwandfrei. Selbst beim Biegen oder Knicken eines Laminates löst sich die Deckschicht nicht ab.

Mit R&G UP-Vorgelat werden stets hervorragende Ergebnisse erzielt. Die Oberflächen sind weitgehend licht- und wetterfest und weisen eine hohe Kratzfestigkeit auf.

UP-Vorgelat weiß wird im **Segelflugzeug-, Modell-, Sportgeräte- und Bootsbau** als Deckschichtharz (Gelcoat) verwendet. Die **Applikation** erfolgt **mittels Pinsel** oder **Spritzpistole**.

UP-Vorgelat eignet sich nach Verdünnung mit 10 % Styrol (oder Aceton) sehr gut zum **Beschichten von Oberflächen** mit sehr dünnem Glasgewebe (Tragflächenbeschichtung im Modellbau).

Zum Spritzen wird das streichfertige Harz mit 10 % Styrol bzw. Aceton verdünnt (Spritzdruck 2 - 5 bar, Düse 1,5 - 3 mm). Ein Wasserabscheider muß eingebaut sein, da sonst **Wasser Augen** in der Oberfläche entstehen können.

UP-Vorgelat weiß läßt sich **gutschleifen** und auf **Hochglanz schwabbeln** (polieren), daher auch die Bezeichnung **Schwabbellack**.

Für Deckschichten genügen 1 - 2 Spritzaufträge/Anstriche. Der Verbrauch liegt bei einer Schichtstärke von 0,2 - 0,4 mm bei 250 - 500 g/m².

Eine Untersuchung des Forschungsinstitutes für Lacke und Pigmente Stuttgart, ergab, daß Deckschichten aus UP-Vorgelat weiß im Spektralbereich von 210 - 400 nm keine Durchlässigkeit zeigen. Ultraviolette Strahlung wird bereits bei einer Schichtstärke von 0,2 mm vollständig absorbiert.

Auf Wunsch können wir UP-Farbpasten meist schon ab 1 kg in anderen RAL-Farbtönen liefern. Bitte fragen Sie bei Bedarf an.
 Packungsgrößen von 0,1 - 30 kg

UP PRE-GEL

PREACCELERATED, WHITE OR COLORLESS OVERLAY RESIN

Description

- **White / colourless gel coat for epoxy and polyester laminates**
- **Tack-free curing, but paraffin-free**
- **Preaccelerated with cobalt**

Range of applications/processing

Thixotropic (non-drip), white or colourless gel coat for overlays and surface coatings of epoxy and polyester laminates.

The binder is a flexibilized, unsaturated polyester resin drying in air.

*The system is **absolutely free of paraffin** and cures **completely tack-free** even in the thinnest layers.*

*There is perfect **adhesion** to R&G epoxy resins. The overlay does not detach even when the laminate is bent or folded.*

R&G UP pre-gel always yields superior results. The surfaces are resistant to light and weathering to a great extent and exhibit a high scratch resistance.

*UP pre-gel white is used as an overlay resin (gel coat) in the **construction of gliders, models, sports equipment, and boats**. It is **applied** with a **brush or spray gun**.*

*After being diluted with 10% styrene (or acetone), UP pre-gel is suitable for **coating surfaces** with very thin glass fabric (coating wings in model construction).*

*For spraying applications, the resin, once it is ready to be applied with a brush, is diluted with 10% styrene or acetone (2-5 bar spraying pressure, 1.5-3 mm nozzle). A water separator must be installed to prevent voids in the overlay. UP pre-gel white can be **ground well** and **buffed to a high gloss** (polished).*

For overlays, 1-2 sprayed or brushed applications prove adequate. The consumption is 250-500 g/m² for a coat thickness of 0.2-0.4 mm.

An investigation by the Forschungsinstitut für Lacke und Pigmente, a research institute for paints and pigments in Stuttgart, showed that overlays of UP pre-gel white are opaque to the spectral range from 210 to 400 nm. Ultraviolet radiation is completely absorbed by a coat as thin as 0.2 mm.

*On request we can also deliver UP colour pastes in other RAL tones, in most cases in packaging from 1 kg upwards. Just ask us.
 Packaging sizes from 0.1-30 kg*



Härter

Das System ist gebrauchsfertig mit Cobalt vorbeschleunigt. Standardmäßig wird mit **2% MEKP** gehärtet. Die Verarbeitungs- und Härtungstemperatur sollte zwischen 18 und 30 °C liegen. Die Härtermenge ist so zu wählen, daß die Deckschicht nach max. 60 Minuten auf der Form geliert. Bei zu langer Gelierzeit ist die Styrolverdunstung zu hoch, die Deckschicht härtet ungenügend und trocknet mehr physikalisch aus. Die Folge wäre eine eventuelle Anlösung (Elefantenhautbildung) durch UP-Laminierharz oder einen weiteren UP-Vorgelat-Anstrich, sowie spätere Verfärbung und schlechtere Witterungs- und Wasserbeständigkeit.

Packungsgrößen von 1 kg bis 250 kg
Bestell-Nr. 140 160-X (Vorgelat weiß),
140 170-X (Vorgelat farblos)

Hardener

The system has been preaccelerated with cobalt and is ready to use. The standard hardener is 2% MEKP. The processing and curing temperature should be between 18 and 30 °C. The quantity of hardener must be such that the overlay gels on the mould after sixty minutes at the most. If the gelling time is too long, then too much styrene volatilises, and the overlay cures inadequately and the degree of physical drying is greater. The consequence is that the UP laminating resin or the next application of UP pre-gel may "bite" (alligatoring), discolour with time, and deteriorate in water and weather resistance.

Packaging sizes from 1 kg to 250 kg
Order no. 140 160-X (pre-gel white),
140 170-X (pre-gel colourless)

Daten

Specifications

UP- Vorgelat weiß/ farblos <i>UP pre-gel white / colourless</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	weiß oder farblos <i>white or colourless</i>
Verbrauch pro m ² bei 0,2/0,4 mm Dicke <i>m² consumption for 0.2 / 0.4 mm thickness</i>	ca. 9 <i>approx. 9</i>	250 - 500
Verarbeitungszeit mit 2% MEKP <i>Processing time with 2% MEKP</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	15 - 20
Gelierzeit <i>Gelling time</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	ca. 1- 2 <i>approx. 1- 2</i>
Klebfrei <i>Tack-free</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	2 - 4
Belastbar <i>Loading capability</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	10 - 12
Lagerung (verschlossen, unter 15°C) <i>Storage (sealed at below 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	3 - 6



Katamaran aus Polyesterharz

Catamaran of polyester resin

UP - FARBPASTEN

Beschreibung

- **Hochkonzentrierte, leuchtkräftige Pigmentpasten**
- **Leicht einzumischen**
- **Weitestgehend lichtecht**

UP - COLOR PASTES

Description

- **Highly concentrated, luminous pigment pastes**
- **Mixes easily**
- **Max light fastness**



Auf Wunsch können wir UP-Farbpasten meist schon ab 1 kg in anderen RAL-Farbtönen liefern. Bitte fragen Sie bei Bedarf an. Packungsgrößen von 0,1 - 30 kg

On request we can also deliver UP colour pastes in other RAL tones, in most cases in packaging from 1 kg upwards. Just ask us. Packaging sizes from 0.1–30 kg

Anwendungsgebiet

Weichmacherfreie Pigment-Konzentrate zum dauerhaften Einfärben von Polyesterharzen. R&G UP-Farbpasten sind leicht einmischbar, weitestgehend lichtecht und von bester Egalität und Deckkraft.

Range of applications

Plasticizer-free pigment concentrates for the permanent colouring of polyester resins. R&G UP colour pastes mix easily, exhibit the max light fastness, and yield the best levelness and covering power.

Verarbeitung

Standardzugabe zur Harzkomponente von 5 - 10 % sind in der Regel ausreichend. Bei Zugabe zu naturfarbenen Harzen wie UP-Vorgelat farblos werden Volltöne erzielt, bei weißem Vorgelat als Grundlage ergeben sich Pastelltöne.

Processing

The standard addition of 5–10 % to the resin constituent is generally adequate. Adding to naturally coloured resins such as UP pre-gel colourless yields full tones, and pastel tones are achieved with white pre-gel as the basis.

Farbtöne

Ab Lager lieferbar sind die RAL-Farbtöne:
 9010 Reinweiß (Bestell-Nr. 145 100-X)
 3000 Feuerrot (Bestell-Nr. 145 105-X)
 5010 Enzianblau (Bestell-Nr. 145 110-X)
 6001 Smaragdgrün (Bestell-Nr. 145 115-X)
 1018 Zinkgelb (Bestell-Nr. 145 120-X)
 1018 Silbergrau (Bestell-Nr. 145 120-X)
 9005 Schwarz (Bestell-Nr. 145 125-X)

Colour tones

The following RAL colour tones are available ex warehouse:
 9010 pure white (order no. 145 100-X)
 3000 flame red (order no. 145 105-X)
 5010 gentian blue (order no. 145 110-X)
 6001 emerald green (order no. 145 115-X)
 1018 zinc yellow (order no. 145 120-X)
 1018 silver grey (order no. 145 120-X)
 9005 black (order no. 145 125-X)



Überdimensionale Werbeobjekte aus der Fertigung der Firma Ingo Laue
 Oversized advertising objects built by the company Ingo Laue

3.22

STYROL

MONOMERES LÖSEMittel ZUM VERDÜNNEN VON POLYESTERHARZEN

Beschreibung

Alle ungesättigten Polyesterharze enthalten Monostyrol in veränderlichen Anteilen, meist um 35 %. Styrol setzt die Viskosität der zähen Basisharze soweit herab, daß diese z.B. im Handlaminierverfahren verarbeitungsfähig sind. Monostyrol riecht *aromatisch*, ist reaktionsfähig und härtet bei der Polymerisation der UP-Harze mit aus. Der Geruch verliert sich bei einer Wärmenachbehandlung der Bauteile bzw. nach längerer Lagerung.

Anwendungsgebiet

Um Polyesterharze, vor allem Gelcoats, **spritzfähig** einzustellen, werden diese mit bis zu 10 Gewichts-% Styrol verdünnt. Empfehlenswert ist eine Verdünnung mit ca. 10 % Styrol, da höhere Anteile zu einer Versprödung führen können.

Zum **Reinigen von Werkzeugen** während der Polyesterharzverarbeitung hat sich Styrol bestens bewährt. Im Gegensatz zu Lösemitteln wie Aceton und Methylenchlorid entsteht keine Verdunstungskälte mit Wasserkondensation, so daß eine mögliche Beeinträchtigung der Harzfestigkeiten nicht zu erwarten ist.

Daten

Styrol Styrene	Einheit Unit	Wert Value
Viskosität Viscosity	mPa·s/25 °C mPa·s at 25 °C	0,7
Farbe Colour	—	farblos - klar colourless clear
Dichte Density	g/cm ³ /20 °C g/cm ³ at 20 °C	0,901
Siedebereich Boiling range	°C	145
Erstarrungspunkt Solidification point	°C	- 30,63
Verdunstungszahl Relative evaporation rate	DIN 53 170	19,5
Dampfdruck/20 °C Vapour pressure at 20 °C	mbar	6
Lagerung (verschlossen, unter 20 °C) Storage (sealed below 15 °C)	Monate Months	3 - 6

Packungsgrößen von 20 g bis 30 kg
Bestell-Nr. 145 140-X

STYRENE

MONOMERIC SOLVENT FOR DILUTING POLYESTER RESINS

Description

All unsaturated polyester resins contain varying amounts of monostyrene, in most cases about 35%. Styrene reduces the viscosity of thick base resins to such an extent that these can be processed, for example, in hand lay-up operations. Monostyrene has an aromatic odour, is reactive, and cures at the same time as UP resins polymerise. The odour disappears after the components have been subjected to post-heat treatment or after a longer storage period.



Range of applications

Polyesters, and above all gel coats, can be modified for **spraying applications** when they are diluted with up to 10% by weight of styrene. The recommended value is 10% styrene: higher values can lead to embrittlement. Styrene has proved itself unbeaten for cleaning tools used to process polyester resins. In contrast to solvents such as acetone and methylene chloride, evaporative cold does not occur when water condenses. As a consequence, no consideration need be given to any detriment to resin strengths.

Specifications

Packaging sizes from 0.25 l to 30 l
Order no. 145 140-X

MEKP-HÄRTER

HÄRTER FÜR POLYESTERHARZ (METHYLETHYLKETON-
PEROXID, PHLEGMATISIERT MIT DIMETHYLPHTALAT

Beschreibung

- Dünnflüssig, leicht einmischbar
- Farblos

Anwendungsgebiet

MEKP-Härter ist für die Härtung Cobalt-vorbeschleunigter Polyesterharze (Deckschichten, Laminier- und Gießharze) bei Raumtemperatur geeignet.

Das System MEKP + Cobalt-Beschleuniger ergibt eine gleichmäßige, spannungsarme Härtung der Formmassen. Die Lichtbeständigkeit der UP-Harze wird nicht verändert.

Verarbeitung

Die Härterzugabe erfolgt in das Cobalt-vorbeschleunigte Harz.

Achtung: Cobalt-Beschleuniger und MEKP-Härter dürfen keinesfalls direkt miteinander vermischt werden, da sofort eine **heftige Reaktion** (Schäumen, Spritzen), unter ungünstigen Umständen sogar eine Verpuffung erfolgen kann!

Die Zusatzmengen richten sich nach der gewünschten Gelier- und Entformungszeit, der Reaktivität des UP-Harzes und der Verarbeitungstemperatur.

Als Richtwerte gelten:

- 1 - 3 % MEKP
- 0,3 - 2 % Cobalt-Beschleuniger

Härtermengen über 5 % erweichen das Harz, Mengen unter 1 % führen zu einer irreversibel unvollständigen Vernetzung.

Niedrige Temperaturen unter 15 °C können ebenfalls zu Fehlhärtungen führen.

Die **Dosierung** der kleinen Härtermengen erfolgt am genauesten nach Volumen z.B. mittels Pipette.

Die empfohlenen Mischungsverhältnisse sollten genau eingehalten werden.

Reststyrolgehalt

Zur Erzielung eines **hohen Aushärtungsgrades**, d.h. eines niedrigen Reststyrolgehaltes können die bei Raumtemperatur hergestellten Bauteile mehrere Stunden bei **ca. 80 °C** nachgehärtet werden. Sie verlieren dabei ihren *bittermandelartigen* Geruch. Je nach Harzsystem sind warmgehärtete und ausgedämpfte Bauteile lebensmittelrechtlich unbedenklich und für den Kontakt mit Lebensmitteln geeignet (Trinkwassertanks, Weintanks, Fleischwannen etc.).

Packungsgröße von 20 g bis 30 kg
Bestell-Nr. 145 130-X

MEKP HARDENER

HARDENER FOR POLYESTER RESIN (METHYL ETHYL KETONE
PEROXIDE, DESENSITISED WITH DIMETHYL PHTHALATE)

Description

- Low viscosity, mixes easily
- Colourless

Range of applications

MEKP hardener is suitable for curing polyester resins preaccelerated with cobalt (overlays, laminating and cast resins) at room temperature. The system MEKP + cobalt accelerator promotes the uniform, low-stress curing of moulding compounds. The light resistance of the UP resins remains unaffected.



Processing

The hardener is added to the resin which has been preaccelerated with cobalt. **IMPORTANT!** The cobalt accelerator and the MEKP hardener must **not under any circumstances be mixed directly with each other**. The ensuing **violent reaction** (frothing, spraying) could, under certain adverse conditions, even cause deflagration!

The quantities added depend on the required gelling and demoulding times, the reactivity of the UP resin, and the processing temperature.

The following recommended values apply:

- 1–3 % MEKP
- 0.3–2 % cobalt accelerator

Quantities of hardener greater than 5 % soften the resin, quantities less than 1 % lead to an irreversibly incomplete cross-linking.

Low temperatures below 15 °C can also impair curing.

The **precisest method of dosing** these small quantities of hardener is by volume, e.g. with a pipette. The recommended mixing ratios should be strictly adhered to.

Residual styrene content

To obtain a **high degree of curing**, i.e. a low residual styrene content, the components manufactured at room temperature can be post-cured for several hours at **approx. 80 °C**. In the process they lose their odour of bitter almonds. Depending on the resin system, hot-cured and degassed components are safe to use under the foodstuffs act and suitable for direct contact (drinking water tanks, wine tanks, meat trays, etc.).

Packaging sizes from 20 g to 30 kg
Order no. 145 130-X

CYCLONOX BT 50

HÄRTER FÜR POLYESTERHARZ

Beschreibung

- **Verlängerte Topfzeit**
- **Für Härtung bei Temperaturen von 15 - 50 °C**

Anwendungsgebiet

Cyclonox BT-50 ist eine glatte, leicht thixotrope Paste auf Cyclohexanonperoxid-Basis zum Härten von **cobalt-vorbeschleunigten UP-Harzen** bei Raumtemperatur oder höheren Temperaturen.



Verarbeitung

Die Härterzugabe erfolgt in das Cobalt-vorbeschleunigte Harz.

Achtung: Cobalt-Beschleuniger und **MEKP-Härter** dürfen **keinesfalls direkt miteinander vermischt** werden, da sofort eine **heftige Reaktion** (Schäumen, Spritzen), unter ungünstigen Umständen sogar eine Verpuffung erfolgen kann!

Die Zusatzmengen richten sich nach der gewünschten Gelier- und Entformungszeit, der Reaktivität des UP-Harzes und der Verarbeitungstemperatur.

Als Richtwerte gelten:

- 1 - 4 % Cyclonox BT 50
- 0,5 - 3 % Cobalt-Beschleuniger

In Verbindung mit dem **UP-Laminierharz U 569 TV-01V** ergibt sich bei einer Zugabe von 2 % Cyclonox BT 50 eine Verarbeitungszeit von **30 - 40 Minuten**.

Härtermengen über 5 % erweichen das Harz, Mengen unter 1 % führen zu einer irreversibel unvollständigen Aushärtung.

Niedrige Temperaturen unter 15 °C können ebenfalls zu Fehlhärtungen führen.

Reststyrolgehalt

Zur Erzielung eines **hohen Aushärtungsgrades**, d.h. eines niedrigen Reststyrolgehaltes können die bei Raumtemperatur hergestellten Bauteile mehrere Stunden bei **ca. 80 °C** nachgehärtet werden. Sie verlieren dabei ihren *bittermandelartigen* Geruch. Je nach Harzsystem sind warmgehärtete und ausgedämpfte Bauteile lebensmittelrechtlich unbedenklich und für den Kontakt mit Lebensmitteln geeignet (Trinkwassertanks, Weintanks, Fleischwannen etc.).

Zur Lagerung und zum Umgang mit Peroxiden kann ein separates technisches Merkblatt angefordert werden.

Packungsgröße 100 g-Tube
Bestell-Nr. 145 133-1

CYCLONOX BT 50

HARDENER FOR POLYESTER RESIN

Description

- **Extended pot life**
- **For curing at temperatures from 15 to 50 °C**

Range of applications

Cyclonox BT-50 is a smooth, slightly thixotropic paste based on cyclohexanone peroxide for curing **UP resins pre-accelerated with cobalt** at room or higher temperatures.

Processing

The hardener is added to the resin which has been preaccelerated with cobalt. **IMPORTANT!** The **cobalt accelerator** and the **MEKP hardener** must **not under any circumstances be mixed directly with each other**. The ensuing **violent reaction** (frothing, spraying) could, under certain adverse conditions, even cause deflagration!

The quantities added depend on the required gelling and demoulding times, the reactivity of the UP resin, and the processing temperature. **The following recommended values apply:**

- 1-4 % Cyclonox BT 50
- 0.5-3 % cobalt accelerator

In conjunction with the **UP laminating resin U 569 TV-01V**, the addition of 2% Cyclonox BT 50 means a processing time of **thirty to forty minutes**.

Quantities of hardener greater than 5 % soften the resin, quantities less than 1 % lead to an irreversibly incomplete cross-linking.

Low temperatures below 15 °C can also impair curing.

Residual styrene content

To obtain a **high degree of curing**, i.e. a low residual styrene content, the components manufactured at room temperature can be post-cured for several hours at **approx. 80 °C**. In the process they lose their odour of bitter almonds. Depending on the resin system, hot-cured and degassed components are safe to use under the foodstuffs act and suitable for direct contact (drinking water tanks, wine tanks, meat trays, etc.).

A separate technical code of practice for the storage and handling of peroxides can be requested.

Packaging size 100 g tube
Order no. 145 133-1

Daten für MEKP-Härter

Specifications for MEKP hardener

MEKP-Härter <i>MEKP hardener</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	wasserklar <i>water-clear</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C <i>g/cm³ at 20 °C</i>	1,16
Flammpunkt M.C.O.C <i>Flash point MCOC</i>	°C	> 100 ¹⁾
Aktiv-Sauerstoffgehalt <i>Active oxygen content</i>	min.-%	9
Ansringtemperatur im UP-Harz <i>Light-off temperature in the UP resin</i>	°C	70 ²⁾
Lagerung (verschlossen, unter 15 °C) <i>Storage (sealed at below 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	3 - 6

¹⁾M.C.O.C. = Micro Cleveland Open Cup-Methode. Der Flammpunkt gibt keinen Hinweis auf die Gefährlichkeit des MEKP-Härters, da sich das Peroxid vor Erreichen dieser Temperatur zersetzt.

¹⁾MCOC = Micro Cleveland Open Cup method. The flash point is not a reliable indicator of the dangerousness of the MEKP hardener: the peroxide degrades before this temperature is reached.

²⁾ Bei dieser Temperatur härtet das UP-Harz ohne Cobalt-Beschleuniger. Bei Verwendung von Cobalt-Beschleuniger (oder in bereits beschleunigten Harzen) startet die Härtung bei ca. 15 °C.

²⁾ At this temperature the UP resin cures without the cobalt accelerator. When a cobalt accelerator has been used or when resins have been preaccelerated, curing starts at approx. 15 °C.

Daten für Cyclonox BT 50

Specifications for Cyclonox BT 50

Cyclonox BT 50 <i>Cyclonox BT 50</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	Paste <i>Paste</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	weiß/transparent <i>white / transparent</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C <i>g/cm³ at 20 °C</i>	1,07
Selbstentzündungstemperatur <i>Self-ignition temperature</i>	°C	375
Peroxidgehalt <i>Peroxide content</i>	%	50
Lagerung (verschlossen, unter 15 °C) <i>Storage (sealed at below 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	3 - 6



S. 4.02 Übersicht Polyurethane
S. 4.06 PU-Gießharz 89-279
+ Härter B 1200
S.4.08 PU-Kautschuk 85-81
+ Härter B 1190

S. 4.02 Overview products
S. 4.06 PU-cast resin 89-279
+ Hardener B 1200
S.4.08 PU-rubber 85-81
+ hardener B1190

POLYURETHANE

POLYURETHANE

4

S.4.10 PU-Hartschaum 43-10
+ Härter 1000
S.4.12 Polyurethan-Haftgrund
G 4
S.4.13 Polyurethan-Verdünner

S.4.10 Rigid PU foam 43-10
+ hardener 1000
S.4.12 Polyurethane wash primer
G4
S.4.13 Polyurethane diluent

R&G führt eine Auswahl von **Polyurethan**-Harzen (PUR) für unterschiedliche Anwendungen:

- Zum **Verguß** von Bauteilen und Herstellung von Gießmodellen (**PU-Gießharz 89-279**)
- Zur Herstellung von **dauerelastischen Formen** als preiswerter Ersatzwerkstoff für Silicon (**PU-Kautschuk 85-81**)
- Zum **Ausschäumen** von Hohlräumen (**PU-Hartschaum 43-10**)

R&G provides a selection of **polyurethane resins** (PUR resins) for various applications:

- For manufacturing **permanently elastic moulds** as a low-cost alternative material to silicone (**PU rubber 85-81**)
- For **casting** components and manufacturing master patterns (**PU cast resin 89-279**)
- For **foaming** cavities (**rigid PU foam 43-10**)

Geschichtliches

Die Polyurethane wurden 1937 von dem Chemiker O. Bayer in Leverkusen entwickelt. Sie werden seit 1940 im technischen Maßstab hergestellt und sind heute in einer außerordentlichen Vielzahl von Anwendungen vertreten.

Neben **Gießharzen** und **elastischen PUR-Formmassen** sind es vor allem **PUR-Schaumstoffe**, die uns überall begegnen. Daher ist für die Polyurethan kein Eigenschaftsbild aufzeigbar wie bei anderen Werkstoffgruppen (z.B. Epoxy- und Polyesterharze). Differenziert wird eher nach Anwendungsgebieten.

Wir stellen hier die allgemeinen Eigenschaften der bei R&G erhältlichen Produkte auf:

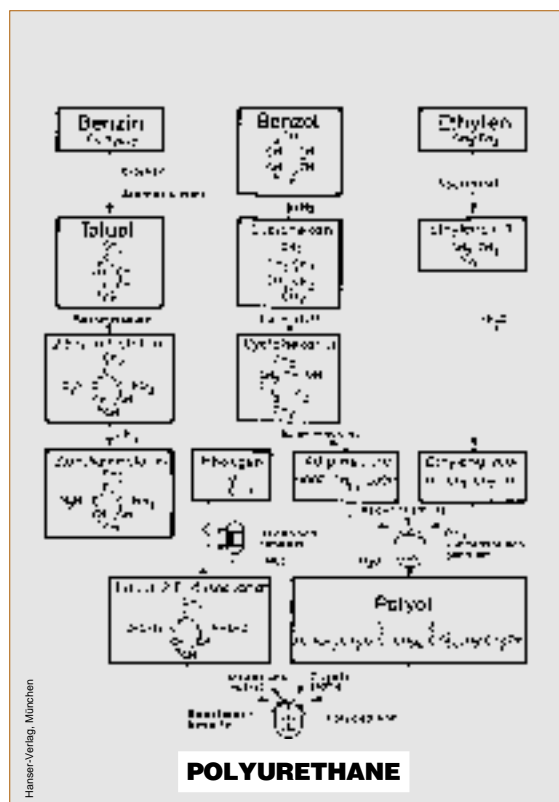
History

Polyurethanes were first developed in 1937 by O Bayer, a chemist in Leverkusen. Since 1940, they have been manufactured on an industrial scale and today are used in a great many applications.

Besides **cast resins** and **elastic PU moulding compounds**, it is above all **PUR foams** that we find everywhere we look. For this reason, polyurethane does not present a unified set of properties as do other material groups (e.g. epoxy and polyester resins), but instead are classified according to their range of applications.

The following lists the general properties of the products available from R&G:

Herstellungsschema Polyurethane



Flow chart for the manufacture of polyurethanes

PU-GIESSHARZ 89-279

Allgemeine Eigenschaften von Formteilen

- Hohe Festigkeit, hartelastisch
- Geringe Schwindung und geringer Schwindungsdruck auf Einlegeteile
- Gute Haftung auf allen Werkstoffen
- Witterungsbeständig (zeigt aber leichte Vergilbung)
- Geringe Wasseraufnahme und Wasserdampfdurchlässigkeit
- Beständig gegen schwache Säuren und Laugen, mineralische Fette, Öle, aliphatische Kohlenwasserstoffe
- Nicht beständig gegen starke Säuren und Laugen, Aromaten, Alkohole, heißes Wasser

Bei der **Verarbeitung** von PUR-Gießharz ist folgendes wesentlich

- Kaltverarbeitbar bis zu Temperaturen von 0 °C
- Geringe Selbsterwärmung bei der Härtung
- Schnelle Durchhärtung (6 - 18 h je nach Schichtdicke)

Anwendungsgebiete

Herstellung von Gießmodellen z.B. in Siliconformen, Vergießen von Kabelgarnituren und anderen elektronischen Bauteilen, Bodenbeschichtungen, Bindemittel für Formsande.

PU CAST RESIN 89-279

General properties of moulded parts

- *High strength, hard-elastic*
- *Low shrinkage, so low compressive forces on inserts*
- *Good adhesion to all materials*
- *Weather-resistant (but does yellow slightly)*
- *Low water absorption and water vapour permeability*
- *Resistant to weak acids and alkalis, mineral greases, oils, aliphatic hydrocarbons*
- *Not resistant to strong acids and alkalis, aromatics, alcohols, hot water*

It is essential that you observe the following when **processing** PU cast resin

- *PUR cast resins can be processed at temperatures as low as 0 °C*
- *Curing generates a low level of spontaneous heating*
- *Fast thorough curing (6 – 18 hours depending on applied thickness)*

Range of applications

Used for manufacturing master patterns, e.g. in silicone moulds, and for casting cable fittings and other electronic components, in floor finishes, and as binders for various moulding sand grades.

PU-HARTSCHAUM 43-10

Allgemeine Eigenschaften von Formteilen

- Niedrige Dichte (frei geschäumt 37 kg/m³)
- Geschlossenzellig, daher keine Wasseraufnahme
- Gute Haftung auf allen Werkstoffen
- Gute Druckfestigkeit
- Enthält Flammschutzmittel, geeignet für Boote

Bei der **Verarbeitung** von PUR-Schaum ist folgendes wesentlich

- Kaltverarbeitbar bis zu Temperaturen von 0 °C
- Geringe Selbsterwärmung bei der Härtung
- Sehr schnelle Durchhärtung (ca. 140 Sekunden)

Anwendungsgebiete

Leichte Sandwichbauteile in der GFK-Technik durch nachträgliches Ausschäumen von Hohlräumen sowie zur Kälte- und Wärmedämmung. Zugelassen für die Ausschäumung von Hohlräumen bei Rettungsbooten.

PU-KAUTSCHUK 85-81 GELB

Allgemeine Eigenschaften von Formteilen

- Hohe Dehnfähigkeit
- Geringe Schwindung
- Gute Haftung auf allen Werkstoffen (beim Abformen wird daher immer ein Trennmittel, z.B. R&G Trennspray, benötigt)
- Witterungsbeständig
- Geringe Wasseraufnahme und Wasserdampfdurchlässigkeit
- Beständig gegen schwache Säuren und Laugen, mineralische Fette, Öle, aliphatische Kohlenwasserstoffe
- Nicht beständig gegen starke Säuren und Laugen, Aromaten, Alkohole, heißes Wasser

Bei der **Verarbeitung** von PUR-Kautschuk ist folgendes wesentlich:

- Kaltverarbeitbar bis zu Temperaturen von 0 °C
- Geringe Selbsterwärmung bei der Härtung
- Schnelle Durchhärtung

Anwendungsgebiete

Dauerelastische Formen mit Hinterschneidungen (ähnlich wie bei Silicon), elastische Dichtungen und Lager, Pufferelemente, Gießreifen, Schalmatten für Sichtbeton, Leitungs- und Kabelisolaton.

RIGID PU FOAM 43-10

General properties of moulded parts

- Low density (37 kg/m³ for unrestricted expansion)
- Closed-cell structure, so no water absorption
- Good adhesion to all materials
- Good compressive strength
- Contains flame retardants, so suitable for boats

It is essential that you observe the following when **processing** PUR foam

- PUR foam can be processed at temperatures as low as 0 °C
- Curing generates a low level of spontaneous heating
- Very fast thorough curing (approx. 140 seconds)

Range of applications

Subsequent foaming of cavities, also for low-temperature and heat insulation, yields lightweight sandwich components for GRP engineering. Approved as a foaming material in the cavities of lifeboats.

PU RUBBER 85-81 YELLOW

General properties of moulded parts

- High extensibility.
- Low shrinkage.
- Good adhesion to all materials (so demoulding always needs a release agent, e.g. R&G release spray).
- Weather-resistant.
- Low water absorption and water vapour permeability.
- Resistant to weak acids and alkalis, mineral greases, oils,
- Not resistant to strong acids and alkalis, aromatics, alcohols, hot water.

It is essential that you observe the following when **processing** PUR rubber.

- PUR rubber can be processed at temperatures as low as 0 °C.
- Curing generates a low level of spontaneous heating.
- Fast thorough curing.

Range of applications

Permanently elastic moulds with undercuts (similar to silicone); flexible seals, gaskets, and bearings; buffer components; moulded tyres; face formwork; and line and cable insulation.

Härtung

Die vorstehend beschriebenen Produkte Gießharz, Kautschuk und Schaum sind **zweikomponentig**, bedürfen also zur Aushärtung des Zusatzes von Reaktionsmitteln.

Verwendet werden flüssige Härter auf Basis von MDI (Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat). Die Mischungsverhältnisse sind vorgegeben und sollten genau eingehalten werden.

Die Härtingsreaktion

Der einmal begonnene Härtingsprozess setzt sich von selbst fort und kann nicht mehr unterbrochen werden. Die Härtingszeit hängt von folgenden **Faktoren** ab:

- Arbeitstemperatur
- Form und Größe des Werkstücks

Je größer diese Parameter sind, umso schneller erfolgt die Durchhärtung.

Lagerung

Günstige Lagertemperatur 15 - 20 °C, keinesfalls unter 0 °C. Gebinde stets gut verschließen, da die Komponenten feuchteempfindlich sind.

Arbeitsschutz

Die Hinweise zum sicheren Umgang mit Chemikalien unbedingt beachten. Die A-Komponenten sind in der Regel keine gefährlichen Zubereitung im Sinne des Chemikaliengesetzes bzw. der Gefahrstoffverordnung. Die B-Komponenten sind gesundheitsschädlich, so daß in jedem Fall Arbeitsschutzmaßnahmen zu treffen sind. Nähere Angaben in den Sie in den Sicherheitsdatenblättern, die im Internet unter www.r-g.de als Download angeboten werden.

Curing

*The cast resin, rubber, and foam products described above are **two-component products**, i.e. a solidifying agent must be added before curing can take place. These solidifying agents take the form of liquid hardeners based on MDI (4,4'-diphenylmethane diisocyanate).*

The mixing ratios are specified and should be precisely adhered to.

The curing reaction

*Once the curing process has been initiated, it continues automatically and can no longer be stopped. The curing time depends on the following **factors**:*

- *The working temperature and*
- *The size and shape of the workpiece*

The greater these parameters, the faster the curing.

Storage

The storage temperature should be 15 – 20 °C, under no circumstances should it drop below 0 °C. The constituents are sensitive to humidity, so always re-seal carefully the packing drum.

Industrial safety

It is imperative that you observe the information on how to handle chemicals safely. As a rule, the A components are not hazardous formulations in the sense of the Chemikaliengesetz (toxic substances control act) or the Gefahrstoffverordnung (toxic chemicals ordinance). The B components are harmful to health so that measures must be implemented to ensure industrial safety. More detailed information is given in the safety data sheets that you can download from the internet at www.r-g.de.

PU-GIESSHARZ 89-279 + HÄRTER B 1200

Beschreibung

- **Hartelastisch, geringe Schwindung**
speziell für den Handverguß geeignet
- **Mittlere Verarbeitungszeit ca. 25 Minuten**

Anwendungsgebiet

Aufgrund der relativ langen Verarbeitungszeit ist PU-Gießharz 89-279 insbesondere für das Gießen von Formteilen im Handverguß geeignet.

Es lassen sich sowohl dünne wie auch dickwandige Gießlinge problemlos herstellen. Die Einstellung ist hartelastisch, so daß Kanten des Gießlings sehr schlagzäh sind. Das System härtet klebfrei aus.

Verarbeitung

Die **A-Komponente 89-279** muß vor der Verarbeitung **gründlich aufgerührt** werden. Die gewünschte Vergußmenge wird nach vorherigem Aufrühren in einen Mischbehälter gefüllt und mit **der B-Komponente** verrührt. Mischungsverhältnis genau einhalten und gründlich rühren.

Als **Trennmittel** kann das R&G Trennspray eingesetzt werden.

Die **Aushärtung** ist stark von der Formteildicke, der Formtemperatur und der Umgebungstemperatur abhängig. Eine 4 mm dicke Platte erreicht bei 22 °C nach 18 h eine Härte von ca 70 Shore D, eine 10 mm Dicke Platte ca. 72 Shore D.

Die **Materialhärte** ist auch abhängig von der Umgebungstemperatur. Bei 40 °C beträgt die Härte ca. 70 Shore D, bei 22 °C ca. 75 Shore D.

Farbe

Die **Farbe** des gehärteten Kunststoffes ist hellbeige. Durch UV-Einstrahlung dunkeln die Gießlinge nach. Bei Verwendung im Freien müssen diese durch eine Lackierung geschützt werden.

Lagerung

In ungeöffneten Gebinden beträgt die **Lagerbeständigkeit** 3 - 6 Monate. Die günstigste Lagertemperatur liegt zwischen 15 und 20 °C. Angebrochene Gebinde nach der Entnahme von Teilmengen stets sorgfältig verschließen. Das Material ist hygroskopisch und kann durch aufgenommene Feuchtigkeit aufschäumen.

Packungsgrößen Harzkomponente von 0,85 kg bis 215 kg
 Bestell-Nr. 170 140-X

Packungsgrößen Härterkomponente von 0,5 kg bis 250 kg
 Bestell-Nr. 170 145-X

PU CAST RESIN 89-279 & HARDENER B 1200

Description

- **Hard-elastic, low shrinkage**
specifically formulated for manual castings
- **Medium processing time approx. 25 minutes**

Range of applications

Owing to its relatively long processing time, PU cast resin 89-279 is particularly suitable for the manual casting of moulded parts.

Both thin- and thick-walled casts can be made without problems. The formulation is hard-elastic so that the edges of the cast exhibit a high impact strength. The system cures to yield a tack-free surface.

Processing

The **A component 89-279** must be **thoroughly mixed** before being processed. Once mixed, the quantity required for the cast is transferred to a mixing vessel, where it is mixed with the **B component**. The components must be mixed thoroughly and at the precise mixing ratio.

R&G release spray can be used as the **release agent**.

The **curing** result depends greatly on the thickness of the moulded part, the mould temperature, and the ambient temperature. A panel 4 mm thick yields a hardness value of approx. 70 Shore D after curing for 18 hr at 22 °C; a panel 10 mm thick approx. 72 Shore D.

The **material hardness** also depends on the ambient temperature. At 40 °C this is approx. 70 Shore D, at 22 °C approx. 75 Shore D

Colour

When the plastic has cured it is light beige. The casts darken on exposure to UV irradiation, so they must first be varnished before they are used outdoors.

Storage

In the unopened packing drums, the **shelf life** is three to six months. The best storage temperature is between 15 and 20 °C. Always reseal packing drums carefully after removing only part of the contents. The material is hygroscopic and can foam after absorbing humidity.

Packaging sizes for resin constituent from 0.85 kg to 215 kg
 Order no. 170 140-X

Packaging sizes for hardener constituent from 0.5 kg to 250 kg
 Order no. 170 145-X



Daten
Specifications

PU-Gießharz 89-279 <i>PU cast resin 89-279</i>	Einheit <i>Unit</i>	Komponente A (Gießharz 89-279) <i>Component A (cast resin 89-279)</i>	Komponente B (Härter B 1200) <i>Component B (hardener B 1200)</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	—	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,05	1,23
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25 °C	1240	120
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewichtsteile <i>Parts by weight</i>	100	59
Verarbeitungszeit <i>Processing time</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	25	25
Aushärtezeit <i>Curing time</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	6-18, je nach Schichtdicke <i>6-18 depending on applied thickness</i>	6-18, je nach Schichtdicke <i>6-18 depending on applied thickness</i>
Farbe des gehärteten Harzes <i>Colour of cured resin</i>	—	hellbeige <i>light beige</i>	hellbeige <i>light beige</i>
Lagerung (verschlossen, 15 - 20 °C) <i>Storage (sealed at 15 - 20 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	3 - 6	3 - 6



PU-KAUTSCHUK 85-81 GELB + HÄRTER B 1190

Beschreibung

- Dauerelastische, weiche Abformmasse
- Speziell für den Handverguß geeignet
- Sehr kurze Härtingszeit

Anwendungsgebiet

Aufgrund der kurzen Verarbeitungszeit ist PU-Kautschuk 85-81 insbesondere für schnelle Abformungen auch komplizierter Bauteile mit starken Hinterschneidungen geeignet.

Verarbeitung

Die **A-Komponente 85-81** muß **gründlich aufgerührt** und dann sofort verarbeitet werden. Die gewünschte Vergußmenge wird in einen Mischbehälter gefüllt und mit **der B-Komponente** verrührt. Mischungsverhältnis genau einhalten und gründlich rühren.

Als **Trennmittel** kann das R&G Trennspray eingesetzt werden. Die **Aushärtung** ist stark von der Formteildicke und der Temperatur abhängig. In der Regel sind auch schon kleinere Formen nach ca. 5 Stunden soweit vernetzt, daß ausgeformt werden kann.

Der **Kontakt** der A-Komponente mit Buntmetallen, Schmierölen und Schmierfetten ist unbedingt zu **vermeiden**, da diese Stoffe Eigenschaften und Verarbeitung des Produkts beeinträchtigen können.

Lagerung

In ungeöffneten Gebinden beträgt die **Lagerbeständigkeit** 3-6 Monate. Die günstigste Lagertemperatur liegt für die A-Komponente bei 25 °C, für die B-Komponente bei 10 - 30 °C. Angebrochene Gebinde nach der Entnahme von Teilmengen stets sorgfältig verschließen. Das Material ist hygroskopisch und kann durch aufgenommene Feuchtigkeit aufschäumen.

Die B-Komponente neigt bei Lagerung unter 10 °C zur teilweisen Kristallisation. Auskristallisierte Bestandteile lassen sich durch möglichst kurzes Aufwärmen des gesamten Behälterinhalts auf max. 70 °C wieder in Lösung bringen. Die B-Komponente gilt daher als frostempfindlich.

Packungsgrößen Harzkomponente von 0,5 kg bis 215 kg

Bestell-Nr. 170 120-X

Packungsgrößen Härterkomponente von 0,14 kg bis 250 kg

Bestell-Nr. 170 125-X



Vor dem Abformen wird Trennspray aufgetragen und dann der PU-Kautschuk vergossen

Release spray is first applied to the mould, and then PU rubber is poured by hand

PU RUBBER 85-81 YELLOW + HARDENER B 1190

Description

- Hard-elastic, soft moulding compound
- Specifically formulated for manual castings
- Very short processing time

Range of applications

Owing to its short processing time, PU rubber 85-81 is particularly suitable for the fast moulding of components, also with complex geometries and extreme undercuts.

Processing

The **A component 85-81** must be **thoroughly mixed** and then immediately processed. The quantity required for the cast is transferred to a mixing vessel, where it is mixed with the **B component**. The components must be mixed thoroughly and at the precise mixing ratio.

R&G release spray can be used as the **release agent**. The curing result depends greatly on the thickness of the moulded part and the temperature. As a rule, the cross-linking density even in smaller moulds has reached such an extent after five hours that demoulding can take place.

Non-ferrous metals, lubricating oils, and lubricating greases can prove detrimental to the properties and processing of the product, so there must be **no contact** between these substances and the **A component**.

Storage

In the unopened packing drums, the **shelf life** is three to six months. The best storage temperature for the A component is 25 °C, for the B component this is 10-30 °C. Always reseal packing drums carefully after removing only part of the contents. The material is hygroscopic and can foam after absorbing humidity.

When stored at a temperature below 10 °C, partial crystallisation may form in the B component. These crystallised zones can be redissolved when the vessel's contents are heated for as short a period as possible to max 70 °C. The B component must therefore be treated as sensitive to frost.

Packaging sizes for resin constituent from 0.5 kg to 215 kg

Order no. 170 120-X

Packaging sizes for hardener constituent from 0.14 kg to 250 kg

Order no. 170 125-X

4.08

Daten
Specifications

PUR-Kautschuk 85-81 gelb <i>PU rubber 85-81 yellow</i>	Einheit <i>Unit</i>	Komponente A (PU 85-81 gelb) <i>Component A (PU 85-81 yellow)</i>	Komponente B (Härter B 1109) <i>Component B (hardener B 1109)</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,13	1,22
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25 °C	4600	475
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewichtsteile <i>Parts by weight</i>	100	28
Verarbeitungszeit <i>Processing time</i>	Minuten/20 °C <i>Minutes at 20 °C</i>	ca. 8 <i>approx. 8</i>	ca. 8 <i>approx. 8</i>
Aushärtezeit <i>Curing time</i>	Stunden/20 °C <i>Hours at 20 °C</i>	ca. 5 <i>approx. 5</i>	ca. 5 <i>approx. 5</i>
Farbe des gehärteten Kautschuks <i>Colour of cured rubber</i>	---	gelb <i>yellow</i>	gelb <i>yellow</i>
Lagerung (verschlossen) <i>Storage (sealed)</i>	Monate <i>Months</i>	25 °C / 3 - 6 Monate <i>25 °C / 3 - 6 Months</i>	10 - 30 °C / 3 - 6 Monate <i>10 - 30 °C / 3 - 6 Months</i>
Festigkeitswerte <i>Mechanical properties</i>			
Shore-A-Härte DIN 53505 <i>Shore A hardness DIN 53505</i>	---	55	55
Reißfestigkeit DIN EN ISO 527 <i>Ultimate tensile strength DIN EN ISO 527</i>	MPa	2,5	2,5
Reißdehnung DIN EN ISO 527 <i>Elongation at break DIN EN ISO 527</i>	%	220	220
Weiterreißfestigkeit DIN 53754 <i>Tear propagation strength DIN 53754</i>	N/mm	2,2	2,2

PU-HARTSCHAUM 43-10 + HÄRTER 1000

Beschreibung

- Geschlossenzellig, hart
- Niedrige Dichte bei guter Druckfestigkeit
- Sehr kurze Härtingszeit
- Enthält Flammschutzmittel, geeignet für Boote
- FCKW und HFCKW-frei, CO₂-getrieben

Anwendungsgebiet

PU-Hartschaum 43-10 ergibt einen **geschlossenzelligen** Polyurethanhartschaum und weist daher eine nur sehr geringe Wasseraufnahmefähigkeit auf. Er ist daher besonders für das Ausschäumen von Hohlräumen im Boots- und Kfz-Bereich geeignet, aber auch für andere Sandwich-Konstruktionen sowie zur Wärme- und Kälte-dämmung.

Das System enthält **Flammschutzmittel** und besitzt das Norske-Veritas-Zertifikat zur Hohlraum-ausschäumung von **Rettingsbooten**.

Verarbeitung

Beim Handansatz zuerst die A-Komponente in einen Mischbehälter geben und dann die B-Komponente einwiegen. Danach muß intensiv gemischt werden. Am besten eignet sich ein maschinelles Rühren mit einer Drehzahl von min. 1500 U/min., kleinere Ansätze können aber auch von Hand hergestellt werden.

Die Verarbeitungstemperatur sollte vorzugsweise bei 25 °C oder höher liegen. Bei einer Hohlraum-ausschäumung ist darauf zu achten, daß der Hohlkörper frei von Feuchtigkeit ist, da sonst das Schäumverhalten beeinträchtigt wird.

Lagerung

In ungeöffneten Gebinden beträgt die **Lagerbeständigkeit** 3-6 Monate. Die günstigste Lagertemperatur liegt für die A-Komponente bei 15 - 20 °C, für die B-Komponente bei 10 - 30 °C. Angebrochene Gebinde nach der Entnahme von Teilmengen stets sorgfältig verschließen. Der Zutritt von Feuchtigkeit muß unbedingt vermieden werden.

Der **Kontakt** der **A-Komponente** mit Buntmetallen, Schmierölen und Schmierfetten ist unbedingt zu **vermeiden**, da diese Stoffe Eigenschaften und Verarbeitung des Produkts beeinträchtigen können.

Die B-Komponente neigt bei Lagerung unter 10 °C zur teilweisen Kristallisation. Auskristallisierte Bestandteile lassen sich durch möglichst kurzes Aufwärmen des gesamten Behälterinhalts auf max. 70 °C wieder in Lösung bringen. Die B-Komponente gilt daher als frostempfindlich.

Packungsgrößen Harzkomponente von 0,35 kg bis 215 kg
 Bestell-Nr. 170 100-X
 Packungsgrößen Härterkomponente von 0,5 kg bis 250 kg
 Bestell-Nr. 170 105-X

1 kg PU-Schaum ergibt innerhalb von 140 Sekunden frei geschäumt ca. 27 Liter Schaum



RIGID PU FOAM 43-10 & HARDENER 1000

Description

- Closed-cell, hard
- Low density with good compressive strength
- Very short curing time
- Contains flame retardants, so suitable for boats
- CFC- and HCFC-free, CO₂ propelled

Range of applications

Rigid PU foam 43-10 yields a **closed-cell** rigid polyurethane foam and so its capacity to absorb water is very low. As a result, it is ideal for foaming cavities not only in the boatbuilding and automobile sectors, but also in other sandwich structures, including low-temperature and heat insulation.

The system contains **flame retardants** and has been certified by Norske Veritas as suitable for foaming cavities in **lifeboats**.

Processing

When mixing by hand, first transfer the A component to a mixing vessel, and then add the precisely weighed quantity of the B component. The two components must now be thoroughly mixed. The best method is with a motor-driven mixer adjusted to a speed of min 1500 rpm, but smaller quantities can be prepared by hand.

The processing temperature should always be 25 °C or higher. When foaming cavities, you should make sure that the cavities are free of moisture. Otherwise the full foaming capacity will not develop properly.

Storage

In the unopened packing drums, the **shelf life** is three to six months. The best storage temperature for the A component is 15 - 20 °C, for the B component this is 10 - 30 °C. Always reseal packing drums carefully after removing only part of the contents. Moisture must be prevented from reaching the packaged contents.

Non-ferrous metals, lubricating oils, and lubricating greases can prove detrimental to the properties and processing of the product, so there must be **no contact** between these substances and the **A component**.

When stored at a temperature below 10 °C, partial crystallisation may form in the B component. These crystallised zones can be redissolved when the vessel's contents are heated for as short a period as possible to max 70 °C. The B component must therefore be treated as sensitive to frost.

Packaging sizes for resin constituent from 0.35 kg to 215 kg
 Order no. 170 100X
 Packaging sizes for hardener constituent from 0.5 kg to 250 kg
 Order no. 170 105-X

After unrestricted expansion, 1 kg of PU foam yields approx. 27 litres in 140 seconds



4.10

Daten
Specifications

PU-Schaum 43-10 <i>PU foam 43-10</i>	Einheit <i>Unit</i>	Komponente A (PU-Schaum 43-10) <i>Component A (PU foam 43-10)</i>	Komponente B (Härter 1000) <i>Component B (Hardener 1000)</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,05	1,23
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s/25 °C	500	200
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	Gewichtsteile <i>Parts by weight</i>	100	144
Startzeit (Handvermischung) <i>Initiating time (manual mixing)</i>	Sekunden/25 °C <i>Seconds at 25 °C</i>		39 ± 6
Abbindezeit <i>Setting time</i>	Sekunden/25 °C <i>Seconds at 25 °C</i>		140 ± 10
Raumgewicht frei geschäumt <i>Density after unrestricted expansion</i>	kg/m ³		37 ± 4
Ergiebigkeit <i>Yield</i>		1 kg Schaumharz = ca. 27 Liter Schaum (frei geschäumt) <i>1 kg foam resin = approx. 27 litres of foam (unrestricted expansion)</i>	
Farbe <i>Colour</i>	---	gelb-braun <i>yellowish brown</i>	gelb-braun <i>yellowish brown</i>
Lagerung (verschlossen) <i>Storage (sealed)</i>	Monate <i>Months</i>	15 - 20 °C / 3 - 6 Monate <i>15 - 20 °C / 3 - 6 Months</i>	10 - 30 °C/3 - 6 Monate <i>10 - 30 °C/3 - 6 Months</i>
Festigkeitswerte bei Raumgewicht 50 kg/m³ <i>Mechanical properties (density 50 kg/m³)</i>			
Shore-C-Härte <i>Shore C hardness</i>	---		60
Druckfestigkeit DIN 53 421 <i>Compressive strength DIN 53 421</i>	MPa		0,22
Wärmeformbeständigkeit <i>Heat distortion temperature</i>	°C		80
Wasseraufnahmefähigkeit / <i>water absorption capacity</i> (50 mm, 23 °C, 24 h) DIN 53 495	Vol.-%		0,8
Brandklasse DIN 4102 <i>Fire rating DIN 4102</i>	---		B 3

POLYURETHAN-HAFTGRUND G4

Beschreibung

- **Einkomponentig**
- **Haft- und Sperrgrund**
- **Grundierung für GFK-Beschichtungen mit Polyesterharz**
- **Bindemittel für Reparaturmörtel**

G4 ist ein lösungsmittelhaltiges 1-Komponentenharz. Es härtet in dünnen Schichten durch Abgabe der Lösungsmittel und vernetzt dann unter Aufnahme von Feuchtigkeit aus dem Untergrund und der Luft. Dabei entsteht ein gut durchgehärteter, verschleißfester, schlagzäher, witterungsbeständiger Film. G4-Beschichtungen besitzen eine gelblich-transparente Färbung, die sich unter UV-Strahlung verstärkt.

Die **Haftung** auf Holz, Beton, Estrich und Stahl ist ausgezeichnet, sofern der Untergrund fettfrei, sauber und (bei Estrich, Beton und Holz) offenporig sowie weitgehend trocken ist. Ein vorhergehendes Aufrauen des Untergrundes (auch auf Stahl) ist empfehlenswert. Auf Glas ist die Haftung mäßig. Auf bituminösen und anderen, nicht lösemittelbeständigen Untergründen ist G4 nicht verwendbar.

Die **Chemikalienbeständigkeit** ist nach ausreichender Durchhärtung (min. 7 Tage bei 20 °C und 75 % Luftfeuchtigkeit) gegenüber verdünnten Säuren und Laugen sowie gegen Wasser bei Raumtemperatur gut.

Anwendungsgebiet

1. **Grundierung und Versiegelung** für poröse Werkstoffe wie Beton, Putz und Mauerwerk gegen Feuchtigkeit. Beschichtung für abriebfeste (= nicht mehr staubende) und flüssigkeitsdichte Beton- und Estrichflächen in Lager- und Betriebshallen.
2. **Haft- und Sperrgrund** für Beschichtungen aus Glasfaser-Polyesterharz, Glasfaser-Epoxyd und 2-K.-Polyurethanen auf Holz, Beton, Estrich und Stahl.
3. **Bindemittel für Reparaturmörtel**, der auch in auf Null auslaufenden Schichtdicken (z.B. bei ausgewaschenen Beton- und Estrichflächen) eingesetzt werden kann.
4. **Bindemittel für Holzmehl** zum Füllen von Windrissen und Ausbrüchen in Hölzern.
5. **Anstrich** für dunkle Hölzer wie z.B. Mahagoni.

Verarbeitung

Verbrauch je nach Untergrund **ca. 250 g/m²**

Farbe: bräunlich transparent

Verarbeitung: Pinsel oder Fellroller

Bei Bedarf verdünnbar mit Polyurethanverdünner.

Eine genaue **Verarbeitungsanleitung** (in Deutsch) steht als kostenloser Download zur Verfügung (www.r-g.de unter "Service" und "Downloads").

Packungsgrößen von 1 - 5 Liter
Bestell-Nr. 147 100-X

POLYURETHANE WASH PRIMER G4

Description

- **One-component**
- **Wash and barrier primer**
- **Primer for GRP coatings with polyester resin**
- **Binder for patching compounds**

G4 is a one-component resin containing solvents. It sets in thin coats by releasing the solvents and initiates cross-linking by absorbing moisture from the base surface and the surrounding air. The result is a thoroughly set film resistant to wear, high impacts, and the weather. G4 coatings have a transparent yellowish colour that intensifies under UV radiation.

G4 exhibits excellent **adhesion** to wood, concrete, screed topping, and steel, provided that the base surface is clean and free of grease and (in the case of screed topping, concrete, and wood) open-pored and dry to a great extent. Roughing the base surface beforehand (including steel) is recommended. Adhesion is moderate on glass. G4 cannot be used on bituminous or other base surfaces not resistant to solvents.

Once the primer has set sufficiently (at least seven days at 20 °C and 75% air humidity), it exhibits good **resistance to diluted acids and alkalis** as well as water at room temperature.

Field of applications

1. **Primer and seal for protecting porous building materials** such as concrete, plaster, and masonry against moisture. Lining for abrasion-resistant (suppressed dust generation) and liquid-tight concrete and screed surfaces in storehouses and production halls.
2. **Wash and barrier primer** for coatings of glass-fibre-reinforced polyester resin, glass-fibre-reinforced epoxy, and two-component polyurethanes on wood, concrete, screed topping, and steel.
3. **Binder for patching compounds** that can also be used for applications that taper to zero thickness at the edges, e.g. on eroded concrete or screed surfaces.
4. **Binder for wood flour** for filling wind shake or breaks in timber.
5. **Finish** for dark woods, e.g. mahogany.

Processing

Consumption, depending on the base surface, **approx. 250 g/m²**

Colour: transparent brownish

Processing: with brush or fleece roller

If required, it can also be thinned with a polyurethane diluent.

A precise set of **processing instructions** (in German) is available for download free of charge from www.r-g.de ("Service" -> "Downloads").

Packaging sizes from 1 to 5 litres
Order no. 147 100-X



POLYURETHAN-VERDÜNNER

Beschreibung

■ Zum Verdünnen von G4

Verbessert das Verlaufs- und Eindringverhalten von G 4. Auch zum Reinigen der Werkzeuge.

POLYURETHANE DILUENT

Description

■ For diluting G4

This product enhances the spreading and penetrating capacity of G4, but can also be used to clean tools.



Packungsgröße ab 0,5 Liter
Bestell-Nr. 147 105-X

*Packaging sizes from 0.5 litres
Order no. 147 105-X*

KAPITEL 5

CHAPTER 5

INHALT

CONTENTS

S. 5.02	Eigenschaften und Anwendung	<i>S. 5.02 Properties and application</i>
S. 5.03	Glasgewebe M1	<i>S. 5.03 M1 glass fabric</i>
S. 5.04	Laminierkeramik	<i>S. 5.04 Laminating ceramic</i>
S. 5.06	Anwendungsbeispiele	<i>S. 5.06 Example applications</i>

EIGENSCHAFTEN UND ANWENDUNG

Die R&G Laminierkeramik ist ein veredelter, synthetischer Hartschalengips mit großer Härte.

Vorteile

- absolut ungiftiges und umweltfreundliches Material
- sehr einfach anzuwenden, schnelle Aushärtung
- präzise, verzugsfreie Formen mit **geringer Ausdehnung** (Abformgenauigkeit 0,2 - 0,3 mm pro Meter) und hoher Festigkeit
- preiswert
- einsatzfähig bei Normal- und Unterdruck (Vakuum), auch für höhere Temperaturen (Prepregverarbeitung)
- beständig bis 150 °C.

Verarbeitung

Das **Einkomponenten-Pulver** wird mit Wasser angemischt und härtet spannungsfrei und mit sehr geringer **Ausdehnung** (ca. 0,2 - 0,3 mm pro Meter) in 50 Minuten aus.

Die **Kombination mit Epoxyd-Formenharz-Deckschichten** ist möglich! Dadurch erhält man polierfähige, verschleißfeste Oberflächen mit einer sehr steifen, präzisen und einfach aufzubringenden Hinterfütterung. Geeignet sind alle R&G-Formenharze.

Die Vorzüge dieser Bauweise werden seit einigen Jahren im Flugzeug- und Automobilbau genutzt.

Formen für 1:1-Prototypen, Triebwerksverkleidungen, Flugzeug-Tragflächen und Rumpfe sowie Schäum- und Preßwerkzeuge werden aus diesem Material hergestellt.

Trennmittel

Da die Deckschicht wie bei herkömmlichen GFK-Formen aus **Epoxyd-Formenharz** besteht, können die bewährten R&G-Trennmittel verwendet werden.

Einsatzgrenzen

Obwohl hitzebeständig, sollten Formen aus **Laminierkeramik mit Epoxyd-harzdeckschichten** nach Möglichkeit nur bei Temperaturen bis ca. 50 °C eingesetzt werden.

Bei höheren Temperaturen härten die Epoxydharz-Deckschichten mit leichtem Schwund nach, während die Laminierkeramik dimensionsstabil bleibt. Dadurch kann sich die Form leicht wölben, gerade Flächen zeigen unter Umständen eine Wellenbildung an der Oberfläche.

PROPERTIES AND APPLICATIONS

R&G laminating ceramic is a refined, synthetic hard shell plaster exhibiting great hardness.

Advantages

- *absolutely non-toxic and environmentally acceptable material*
- *very easy to use, fast curing*
- *precise, distortion-free moulds with **low expansion** (moulding precision 0.2–0.3 mm per metre) and high strength*
- *low-priced*
- *suitable for normal pressure and vacuum, also at higher temperatures (for processing prepregs)*
- *resistant up to 150 °C*

Processing

The **one-component powder** is mixed with water and cures completely, free of stress, and with very low **expansion** (approx. 0.2–0.3 mm per metre) in fifty minutes.

Laminating ceramic **can be combined with epoxy mould resin overlays**. This yields polishable, wear-resistant surfaces with a highly rigid and precise backup coat that is easy to apply. All R&G mould resins are suitable.

The advantages associated with this structure have been utilised in the construction of aircraft and automobiles for a number of years.

Moulds for 1:1 prototypes, engine cowlings, aircraft wings and fuselages as well as foaming and pressure moulds are made of this material.

Release agents

The overlay, like the customary GRP moulds, consists of **epoxy mould resin**, so the established R&G release agents can be used.

Application limits

Although heat-resistant, moulds of **laminating ceramic with epoxy resin overlays** should not be exposed wherever possible to temperatures greater than approx. 50 °C.

At higher temperatures, the epoxy resin overlays undergo slight shrinkage when post-curing, whereas the laminating ceramic remains dimensionally stable. This can cause the mould to warp slightly, and plane surfaces may exhibit waviness.

Laminierkeramik <i>Laminating ceramic</i>	Verarbeitung <i>Processing</i>	Formaufbau + Materialverbrauch <i>Mould layout & material consumption</i>
<p>Weißer, dünnflüssige Masse zum Tränken von M1-Glasgewebe für Laminat mit hoher Biegezugfestigkeit</p> <p>Zur Herstellung von Formen jeder Größe. Pro Lage Gewebe ergibt sich eine Schichtstärke von ca. 5 mm.</p> <p>1 - 2 Lagen reichen je nach Formgröße aus.</p> <p><i>White, low-viscosity compound for impregnating M1 glass fabric to make laminates with high tensile bending strength.</i></p> <p><i>For constructing moulds of all sizes.</i></p> <p><i>Each fabric layer yields a coat thickness of approx. 5 mm.</i></p> <p><i>One to two layers are sufficient, depending on the size of the mould.</i></p>	<p>Pulver in Wasser einstreuen, kräftig verrühren (von Hand bzw. mit Schneebeesen)</p> <p><i>Scatter the powder in water, and mix vigorously (by hand or with a whisk)</i></p>	<p>In Kombination mit Epoxyd-Formenharzen als Deckschicht.</p> <p>Empfohlener Aufbau:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.) Formenharz (= 0,25 kg/m²) 2.) 2 Lagen Glasgewebe 163 g/m² + Epoxydharz (= 0,58 kg/m²) 3.) 1 Lage Glasgewebe 280 g/m² + Epoxydharz (= 0,5 kg/m²) 4.) 1 Lage M1-Glasgewebe + Laminierkeramik + Wasser = 11,5 kg <p>Gesamt-Formgewicht</p> <p>bei 1 Lage Laminierkeramik ca. 12,8 kg/m²</p> <p>bei 2 Lagen Laminierkeramik ca. 24,3 kg/m²</p> <p><i>In combination with epoxy mould resins as overlay.</i></p> <p><i>Recommended layout:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. mould resin (= 0.25 kg/m²) 2. 2 layers 163 g/m² glass fabric + epoxy resin (= 0.58 kg/m²) 3. 1 layer 280 g/m² glass fabric + epoxy resin (= 0.5 kg/m²) 4. 1 layer M1 glass fabric + laminating ceramic + water = 11.5 kg <p>Total mould weight</p> <p>with 1 layer laminating ceramic approx. 12.8 kg/m²</p> <p>with 2 layers laminating ceramic approx. 24.3 kg/m²</p>

GLASGEWEBE M1

ANSCHMIEGSAMER, DICKER GEWEBE-MATTEN-KOMPLEX

Speziell geeignet zur Herstellung leichter, hochfester Laminat in Verbindung mit R&G Laminierkeramik. Jede Lage ergibt im Laminat eine Schichtstärke von ca. 5mm. Zur Verarbeitung wird das Gewebe in handliche Stücke geschnitten, durch Eintauchen in die dünnflüssige Keramikmasse vorimprägniert und dann aufgelegt.

Lieferbreite 50 cm
Gewicht 600 g/m² (± 15 %)

Packungsgrößen 1 lfm bis 50 lfm
Bestell-Nr. 190 174-X



M1 GLASS FABRIC

HIGHLY DRAPABLE, THICK FABRIC MAT COMPLEX

Specifically suitable for making lightweight, high-strength laminates in conjunction with R&G laminating ceramic. Each layer yields a coat thickness of approx. 5 mm in the laminate.

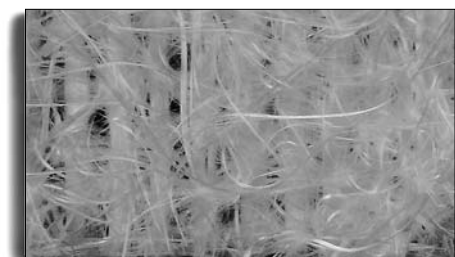
Processing this fabric involves cutting it into manageable pieces, immersing the pieces into the low-viscosity ceramic compound to pre-impregnate them, and then laying them up.

Delivered width: 50 cm
Weight: 600 g/m²(±15%)

Packaged quantities: 1 to 50 lin. m
Order no. 190 174-X



Herstellung einer Negativform für einen Behälter
Making of a female mould for a receptacle



Matten/Gewebe-Struktur von M1 (Abb. vergrößert)
Structure of the M1 mat / fabric (enlarged)

DÜNNFLÜSSIGE MASSE ZUM LAMINIEREN

VON GLASGEWEBE M 1

Beschreibung

Besondere Vorteile: Hohe Maßgenauigkeit, besonders hohe Biegezugfestigkeit durch Verstärkung mit Spezialgewebe M1.

Anwendungsgebiet

Laminierkeramik eignet sich hervorragend zur Herstellung von Formen jeder Größe. Abformungen langer Bauteile (Flugzeugrümpfe, Flächen, Bootsschalen) sind durchführbar.

Verarbeitung

Das Pulver in Wasser einstreuen und gut durchmischen, bis keine Klümpchen mehr sichtbar sind. Zum Mischen größerer Mengen Bohrmaschine mit Rührkorb verwenden. Kleinere Mengen von Hand mit einem Schneebesens anrühren.

Formenbau

Zunächst wird das Urmodell mit einer **Deckschicht aus Formenharz** versehen. Nach dem Angellieren werden **enge Radien und Kanten** mit eingedicktem Epoxyd-Laminierharz (z.B. Epoxydharz L + Härter L und Bauwollflocken/Glasschnitzel) aufgefüllt und die Formoberfläche mit **2-3 Lagen Glasgewebe** belegt. Ein möglicher Aufbau besteht aus 2 Lagen Glasfilamentgewebe 163 g/m² und 1 Lage 280 oder 390 g/m², die jeweils mit Epoxyd-Laminierharz getränkt werden.

Direkt **auf das nasse Laminat** wird mit Laminierkeramik vorgetränktes M1-Glasgewebe gelegt.

M 1 ist ein speziell für die Laminierkeramik hergestellter Gewebe/Matten-Komplex.

Zur Verarbeitung wird das M 1-Gewebe in handliche Stücke von ca. 30 x 30 cm geschnitten. Diese Zuschnitte werden in einem Eimer mit Laminierkeramik getränkt und aufgelegt. Jede Lage ergibt eine Schichtstärke von ca. 5 mm. Versteifende Rippen lassen sich herstellen, indem vorgetränkte Mattenstücke zusammengerollt, aufgelegt und angedrückt werden.

Bei Laminierkeramik handelt es sich um ein physiologisch unbedenkliches Material. Besondere Arbeitsschutzmaßnahmen sind nicht erforderlich.

Packungsgrößen von 1 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 115 315-X

LOW-VISCOSITY COMPOUND FOR LAMINATING

M1 GLASS FABRIC

Description

Particular advantages: high dimensional accuracy, reinforced with M1 special fabric for particularly high tensile bending strength.

Range of applications

Laminating ceramic is ideal for making moulds of any size. Moulds are also possible for longer components (fuselages, large surfaces, boat hulls).

Processing

Scatter the powder in water, and mix vigorously until all lumps have disappeared. A drilling machine with a cage-type paddle can be used to mix larger quantities. Smaller quantities can be mixed with a hand whisk.

Mould layout

First an **overlay of mould resin** is applied to the master pattern. After initial gelling, **small radii and edges** are filled with inspissated epoxy laminating resin (e.g. epoxy resin L + hardener L and cotton flock or chopped glass fibres), and **two to three layers of glass** fabric applied to the mould surface. One possible layout consists of two layers of 163 g/m² and one layer of 280 or 390 g/m² glass filament fabric, each impregnated with epoxy laminating resin. M1 glass fabric pre-impregnated with laminating ceramic is applied directly **to the wet laminate**. M1 is a fabric / mat complex manufactured specifically for the laminating ceramic.

Processing the M1 fabric involves cutting it into manageable pieces of approx. 30 x 30 cm. These pieces are impregnated in a pail containing laminating ceramic and then laid up. Each layer yields a coat thickness of approx. 5 mm. Stiffening ribs can be integrated when the pre-impregnated mat pieces are rolled up, applied, and pressed into place.

Laminating ceramic is a physiologically safe material. Special industrial safety precautions are not necessary.

Packaged quantities: 1–25 kg
Order no. 115 315-X



Daten

Specifications

Laminierkeramik <i>Laminating ceramic</i>	
Lieferform <i>Delivered state</i>	pulverförmig <i>powdery</i>
Farbe <i>Colour</i>	elfenbein <i>ivory</i>
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	1 kg Pulver auf 0,28 Liter Wasser = 0,6 Liter Formmasse <i>1 kg powder to 0.28 litre water = 0.6 litre moulding compound</i>
Verbrauch 1 Lage M1-Gewebe (= 5 mm) <i>Consumption 1 layer M1 fabric (= 5 mm)</i>	8,5 kg Pulver je m ² Laminat + 2,38 l Wasser <i>8.5 kg powder per m² laminate + 2.38 l water</i>
Verbrauch 2 Lagen M1-Gewebe (= 10 mm) <i>Consumption 2 layers M1 fabric (= 10 mm)</i>	17 kg Pulver je m ² Laminat + 4,76 l Wasser <i>17 kg powder per m² laminate + 4.76 l water</i>
Verarbeitungszeit <i>Processing time</i>	35 Min
Erstarrungsende <i>Final solidification</i>	50 Min
Biegezugfestigkeit <i>Tensile bending strength</i>	38 MPa
Wärmebelastbarkeit <i>Heat resistance</i>	ca. 150 °C (ohne Epoxy-Deckschicht!) <i>approx. 150 °C (w/o epoxy overlay!)</i>
Lagerung (gut verschlossen) <i>Storage (well sealed)</i>	praktisch unbegrenzt <i>practically unlimited</i>



1 Anmischen der Laminierkeramik (0,28 Liter Wasser auf 1 kg Pulver)

The laminating ceramic is mixed (0.28 l water to 1 kg powder)



2 Eintauchen des M 1-Gewebes

The M1 fabric is immersed



3 Nach dem Vortränken...

After pre-impregnation ...



4 ...wird das M 1-Gewebe auf das "nasse" Epoxydharzlaminat gelegt...

... the M1 fabric is laid on the "wet" epoxy resin laminate ...



5 ...und von Hand sorgfältig angedrückt.

... and carefully pressed on by hand

ANWENDUNGSBEISPIELE

Flugzeugbau am Beispiel eines Nurflüglers



Auflegen einer mit Laminierkeramik vorgetränkten M 1-Gewebelage auf das "nasse" Epoxydharzlaminat.

An M1 fabric layer pre-impregnated with laminating ceramic is laid on the "wet" epoxy resin laminate.

EXAMPLE APPLICATIONS

Aircraft construction A flying wing



Die Formrückseite wird zur Versteifung mit Rippen aus M 1-Gewebe/Laminierkeramik verstärkt.

Stiffening ribs of M1 fabric / laminating ceramic reinforce the rear side of the mould.



Die Innenseite der Negativform zeigt die glatte, glänzende Oberfläche aus R&G Formenharz P.

The female mould's inner side shows the smooth, glossy surface of R&G mould resin P.

5

Flugzeugbau am Beispiel eines einsitzigen Sportflugzeuges



Abmessen und Zuschneiden von M 1-Glasgewebe

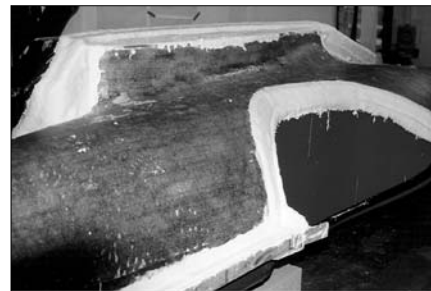
M1 glass fabric is measured and cut to size.

Aircraft construction A single-seater sports plane



Laminieren der Randverstärkung

The edge reinforcements are laminated.



Die fertige Randverstärkung. Die großen Flächen der Form sind aus Gewichtsgründen in Waben-Sandwichbauweise hergestellt.

The finished edge reinforcements. A honeycomb sandwich construction was adopted for the large surfaces to reduce weight.

Flugzeugbau am Beispiel von Verkleidungen



Triebwerksverkleidung für eine General Electric CF 6/50 (Boeing 747, DC 10, Airbus A 300). Anheben des Urmodells mit einem Kran.

Engine cowling for a General Electric CF 6/50 (Boeing 747, DC 10, Airbus A 300). The master pattern is lifted with a crane.

Aircraft construction Cowlings



Seitenansicht der fertigen Form

Side view of the finished mould.



Radom aus keramischer Formmasse

Radome of ceramic moulding compound.

Fahrzeugbau

am Beispiel eines Kaltpreßwerkzeuges für BMW-Frontspoiler



Obere und untere Formhälfte

Upper and lower mould halves.

Automobile construction

A cold-pressing mould for BMW front spoilers



Geschlossenes Preßwerkzeug

Closed pressure mould.



Lackierter Spoiler am BMW-Allrad der 3er-Serie

Painted spoiler on the BMW 3 Series AWD model.

Bootsbau

am Beispiel eines Segelkanus



Negativ-Form aus Epoxydharz/Laminierkeramik

Female mould of epoxy resin / laminating ceramic.

Boat building

A sailing canoe



Die fertige Bootsschale wird mit dem Deck verklebt

The finished hull is glued to the top panel.



Montage der Aufbauten

The superstructure is assembled.

Modellbau

am Beispiel einer Segelflugzeug-Tragflächenform



Auf das nasse Epoxydharz/Glasgewebelaminat wird mit Laminierkeramik vorgetränktes M 1-Glasgewebe aufgelegt

M1 glass fabric pre-impregnated with laminating ceramic is laid on the wet epoxy resin / glass fabric laminate.

Model construction

A mould for a glider's wing



Versteifung der Formhälften mit je zwei 50 mm Alu-Rohren

Each mould half is stiffened with two 50 mm aluminium tubes.



Positiv und Negativ

Male and female.

S. 6.02 ELASTOSIL® M Siliconkautschuk	<i>S. 6.02 ELASTOSIL® M silicone rubber</i>
S. 6.14 ELASTOSIL® M 4503	<i>S. 6.14 ELASTOSIL® M 4503</i>
S. 6.16 ELASTOSIL® M 4470	<i>S. 6.16 ELASTOSIL® M 4470</i>
S. 6.18 Verdickungsadditiv M	<i>S. 6.18 Thickening additive M</i>
S. 6.19 Siliconkautschuk ELASTOSIL® M 4601	<i>S. 6.19 Silicone rubber ELASTOSIL® M 4601</i>
S. 6.22 Siliconkautschuk ELASTOSIL® M 4641	<i>S. 6.22 Silicone rubber ELASTOSIL® M 4641</i>
S. 6.25 Stabilisator 43	<i>S. 6.25 Stabiliser 43</i>
S. 6.26 Schutzfilm SF 18	<i>S. 6.26 Protective film SF 18</i>
S. 6.27 ELASTOSIL® Farbpasten FL ELASTOSIL® E 4	<i>S. 6.27 ELASTOSIL® colour pastes FL ELASTOSIL® E 4</i>
S. 6.29 Exsikkator Vakuum Handpumpe Modelliermasse A	<i>S. 6.29 Desiccator Manual vacuum pump Modelling compound A</i>

ELASTOSIL® M SILICONKAUTSCHUK

Hochflexible Formen aus Siliconkautschuk erlauben die Reproduktion komplizierter Formteile mit Hinterschneidungen. Die hauptsächlichlichen **Einsatzgebiete** sind z.B. die Herstellung von Modellteilen, Möbelverzierungen, Reliefbildern, Schmuckkerzen, Architekturmodellen, Zierknöpfen, Puppenkörpern, Dichtungsprofilen sowie Reproduktionen in der Denkmalpflege.

Urmodelle aus den üblichen Werkstoffen wie Holz, Metall, Kunststoff, Gips, Stein und Wachs sind für Abformungen mit Siliconkautschuk gut geeignet. Bei glatten, nichtsaugenden Oberflächen wie z.B. Kunststoff oder Metall, sind Trennmittel in der Regel nicht notwendig (lediglich Silicon auf Silicon verklebt, so daß mit R&G Grundierwachs vorbehandelt werden muß).

Poröse Modelle aus Gips, Holz oder Stein sollten vor der Abformung versiegelt werden, um den Saugeffekt zu beheben. Üblich sind für diesen Zweck wasserlösliche Kunstharze, z.B. Methylzellulose (Tapetenkleister), Polyvinylalkohol oder Acryl-Tiefgrund bzw. Nitro-Schnellschliffgrund. Aufgrund der hohen Flexibilität des Kautschuks ist die Abformung starker Hinterschneidungen möglich.

Abformungen

In den Formen aus Siliconkautschuk können Positiv-Gießlinge aus Polyester-, Epoxyd- und Polyurethanharzen sowie Gips-, Wachs- und Beton hergestellt werden. Hierzu sind besondere **Trennmittel** für die Form in der Regel nicht erforderlich (mit **Ausnahme** von **Epoxydharzen**).

Mit Polyester- und Polyurethanharzen können größere Stückzahlen abgeformt werden. **Amingehärtete Epoxydharze greifen das Silicon an.** Um die Lebensdauer der Formen zu erhöhen, wird vor der Abformung zunächst eine dünne Schicht R&G **Grundierwachs** aufgebracht. **Grundierwachs** wurde speziell für schlecht benetzbare Oberflächen wie z.B. Silicon entwickelt.

Dieses Trennmittel ist auch erforderlich, wenn als erste Schicht EP- oder UP-Deckschichtharze in die Siliconform gestrichen werden sollen, da sonst aufgrund schlechter Benetzbarkeit Fehlstellen in Form von Augen oder Pinselstrichen entstehen können.

Allgemeines

Die wesentlichen Merkmale der Wacker ELASTOSIL® M-Siliconkautschuke sind:

- **Konsistenz**
- **Reaktivität**
- **Vulkanisateigenschaften**
- **Vernetzungssystem**

Konsistenz

Hinsichtlich Konsistenz unterscheidet man zwischen gießbaren, streichbaren, streichbar-standfesten und knetbaren Systemen. Die Viskosität beschreibt näherungsweise das Fließverhalten. Je höher der Zahlenwert, desto dickflüssiger ist die Gieß- bzw. steifpastöser die Streichmasse.

Reaktivität

Die Reaktivität wird durch die Kenngrößen Verarbeitungs- (Topf-) und Vulkanisationszeit beschrieben. Als Verarbeitungszeit wird üblicherweise die Zeitspanne angegeben, an deren Ende die katalysierte Kautschukmasse gerade noch gieß-, streich- oder knetbar ist. Bei Anwendungen, die sehr hohe Anforderungen hinsichtlich Fließfähigkeit stellen, wie z.B. beim Vergießen elektronischer Bauteile mit engen Spalten, wird aber meist die Zeitspanne bis zur Verdoppelung der Ausgangsviskosität als Verarbeitungszeit angeführt.

Die Vulkanisationszeiten geben in der Regel nur die Zeitspanne an, nach der der Kautschuk klebfrei ausvulkanisiert und damit handhabbar ist. Die endgültigen Vulkanisateigenschaften werden bei Raumtemperaturvulkanisation meist erst nach einigen Tagen erreicht.

6.02

ELASTOSIL® M SILICONE RUBBER

*Highly flexible moulds of silicone rubber are ideal for the reproduction of complex parts with undercuts. These moulds are **used primarily** in the manufacture of model parts, decorative elements for furniture, reliefs, ornamental candles, architectural models, decorative buttons, dolls' bodies, sealing sections, and reproductions for the preservation of historical monuments.*

***Master patterns** of the usual materials such as wood, metal, plastic, plaster, stone, and wax are highly suitable for making moulds with silicone rubber. Smooth, non-absorbent surfaces, e.g. of plastic or metal, generally do not need release agents (solely silicone adheres to silicone, so the surfaces must be pretreated with R&G priming wax).*

WACKER

*The surfaces of **porous models**, e.g. of plaster, wood, or stone, are highly absorbent, so they must be sealed beforehand. The sealants commonly used for this purpose are water-soluble synthetic resins such as methyl cellulose (wallpaper paste), polyvinyl alcohol, acrylic penetrating stopper, nitro primer, etc. The high flexibility of the rubber means that moulds can be made with extreme undercuts.*

Mould making

*Moulds of silicone rubber can be used to make male casts not only of polyester, epoxy, and polyurethane resin, but also of plaster, wax, and concrete. Special **release agents** generally do not need to be applied to the mould (with the **exception of epoxy resins**).*

Moulds of polyester or polyurethane resin are recommended for greater piece numbers.

***Amine-hardened epoxy resins attack silicone.** The service life of the mould is extended when a thin coat of R&G **priming wax** is applied before the first cast. This **priming wax** was developed specially for surfaces with low wetting properties, e.g. silicone.*

This release agent also becomes necessary when EP or UP overlay resins are to be applied as the first coat in a silicone mould. Otherwise, the silicone's poor wetting properties could give rise to voids in the form of bubbles or brush marks.

General information

The essential features of Wacker ELASTOSIL® M silicone rubbers are:

- **Consistency**
- **Reactivity**
- **Vulcanisate properties**
- **Curing (cross-linking) system**

Consistency

This property can be divided into pourable, spreadable, firm-spreadable, and kneadable systems. The viscosity is an approximate measure of the flow characteristics. The higher the value for the viscosity, the thicker the pourable compound or the stiffer the pastiness of the spreadable compound.

Reactivity

The processing time (pot life) and the vulcanisation time are a measure of a system's reactivity. Usually the processing time is specified as the period after which the catalysed rubber compound has just become pourable, spreadable, or kneadable. However, where very high demands are placed on flowability, e.g. when the compound is to embed electronic components separated by narrow gaps, the processing time is usually specified as the time needed for the viscosity to reach double the initial value.

As a rule, the vulcanisation times specify only that period after which the rubber has fully cured (to exhibit a tack-free surface) for further processing. In most cases, the final vulcanisate properties are not reached until the system has undergone vulcanisation a number of days at room temperature.

Auch bei höheren Temperaturen hergestellte Vulkanisate vernetzen in der Regel während der anschließenden Raumtemperaturlagerung noch in unterschiedlichem Ausmaß nach.

Die endgültigen Vulkanisateigenschaften stellen sich am schnellsten durch eine mehrstündige Lagerung bei nicht zu hohen Temperaturen (100 - 120 °C), das sogenannte **Tempern**, ein.

Vulkanisateigenschaften

Zu den wichtigsten Vulkanisateigenschaften gehören die **mechanischen und elektrischen Werte**.

Bei den **mechanischen Vulkanisateigenschaften** stellt, neben der meist in Shore A-Punkten angegebenen Eindruckhärte (je höher der Shore A-Wert, desto härter das Vulkanisat!), der Weiterreißwiderstand eine der wesentlichsten Kenngrößen dar. Werte über etwa 10 N/mm bedeuten, daß es sich um eine sogenannte „kerbfeste“ Type handelt, d.h. sie weist eine deutlich höhere Ein- und Weiterreißfestigkeit auf als die Typen mit „Standardmechanik“.

Die **elektrischen Vulkanisateigenschaften** sind weitgehend unabhängig von Konsistenz, Reaktivität, mechanischen Eigenschaften oder Vernetzungssystem. Die meisten Verarbeitungs- und Vulkanisateigenschaften werden jedoch wesentlich von der Art des Vernetzungssystems mitbestimmt. Man unterscheidet zwei Vernetzungssysteme:

- **Kondensationsvernetzung**
- **Additionsvernetzung**

Kondensationsvernetzung

Die Vulkanisation von kondensationsvernetzenden Siliconkautschuken erfolgt durch Zugabe eines flüssigen oder pastenförmigen Härters der **Reihe T** zur Kautschukmasse.

Je nach Type und zugesetzter Menge des Härters ergeben sich längere oder kürzere Verarbeitungs- und Vulkanisationszeiten, wobei für jede Kautschuktype bestimmte Härter und Mengenbereiche festgelegt sind.

Wird der vorgeschriebene Mengenbereich des Härters unterschritten (**Unterdosierung**), kommt es zur Untervulkanisation: Der Kautschuk bleibt weich oder sogar klebrig; die mechanische Festigkeit ist wesentlich geringer; die Beständigkeit gegen Quellung durch Lösemittel und Gießharzbestandteile ist deutlich reduziert.

Wird der vorgeschriebene Mengenbereich des Härters überschritten (**Überdosierung**), liegt ein Überschuß des Vernetzers im Vulkanisat vor. Die Trennfähigkeit des Kautschuks nimmt ab. Außerdem kommt es durch Einwirkung von Luftfeuchtigkeit zu einer Nachhärtung des Vulkanisates, die zum weitgehenden Verlust seiner mechanischen Festigkeit führen kann.

Die Vulkanisation der kondensationsvernetzenden Siliconkautschuke kann bei Temperaturen zwischen 0 °C und max. 70 °C vorgenommen werden (bei Temperaturen > 80 °C kommt es zu einer Umkehrung der Vernetzungsreaktion, der sogenannten Reversion: das System bleibt oder wird wieder klebrig bis flüssig!).

Zur ordnungsgemäßen Vulkanisation werden zusätzlich zu dem im Härter enthaltenen Organozinn-Katalysator geringe Mengen an Feuchtigkeit sowohl in der Kautschukmasse als auch in der Umgebungsluft benötigt. Bei der Vernetzung entsteht als Reaktionsprodukt ein niedriger Alkohol, meist Ethanol oder Propanol. Erst wenn sich der gesamte gebildete Alkohol aus dem Vulkanisat verflüchtigt hat, ist dieses einsatzfähig. Durch die Verflüchtigung des Alkohols kommt es zu einem Masseverlust, der zu einer dreidimensionalen Schrumpfung des Vulkanisates im Bereich von < 5 Volumenprozent führt.

*Even when vulcanisates are manufactured at higher temperatures, they generally undergo differing degrees of post-cross-linking during subsequent storage at room temperature. The fastest method for obtaining the final vulcanisate properties is to store the products for several hours at temperatures that are not too high (100–120 °C). This method is so-called **annealing**.*

Vulcanisate properties

The most important vulcanisate properties include the **mechanical and electrical properties**.

Of a **vulcanisate's mechanical properties**, the tear propagation strength is one of the key characteristics next to the indentation hardness (mostly specified in Shore A, whereby the higher the Shore A value, the harder the vulcanisate). Tear propagation strengths greater than about 10 N/mm mean that the vulcanisate exhibits a high notch toughness, i.e. a far higher tear and tear propagation strength than the standard mechanical properties.

A **vulcanisate's electrical properties** are to a great extent independent of the consistency, reactivity, mechanical properties, and curing (cross-linking) system. However, the type of curing system is an essential factor affecting most of the processing and vulcanisate properties.

There are two types of curing system:

- **Condensation curing**
- **Addition curing**

Condensation curing

*Silicone rubbers from the condensation-curing category undergo vulcanisation on the addition of a liquid or pasty hardener from the **T series**, which has been developed for rubber compounds.*

Different types and added quantities of hardener serve to lengthen or shorten the processing and vulcanisation times. These hardeners and quantity ranges are fixed for every rubber type.

*Introducing less than the prescribed quantities of hardener (**underdosing**) leads to undervulcanisation: the rubber stays soft or even tacky, the mechanical strength is considerably reduced, and its resistance to the swelling effects of solvents and cast resin constituents clearly suffers.*

*Introducing a greater amount of hardener than that specified (**overdosing**) gives rise to an excess of catalyst in the vulcanisate. Not only does the rubber's resistance to the separating procedure increase, the vulcanisate undergoes post-curing under the effects of air humidity, with the result that it loses most of its mechanical strength.*

Silicone rubbers that undergo condensation curing can be vulcanised at temperatures between 0 and max 70 °C. It is important to note that temperatures higher than 80 °C cause the cross-linking reaction to switch directions: so-called reversion, whereby the system remains or again becomes tacky or even liquid.

For vulcanisation to take place without problems, what is needed is not only the organotin catalyser contained in the hardener, but also small quantities of moisture in both the rubber compound and the ambient air. The reaction product generated by the cross-linking is a low-concentration alcohol, in most cases ethanol or propanol. The alcohol thus formed must first volatilise out of the vulcanisate before it can be used. This volatilisation leads to a loss in mass, which in turn causes the vulcanisate to shrink along all three axes by as much as 5 % vol.

ELASTOSIL® M SILICONKAUTSCHUK

Additionsvernetzung

Die Vulkanisation der additionsvernetzenden Siliconkautschuke erfolgt durch Vermischen der beiden Komponenten A und B.

Die beiden Komponenten sind **genau aufeinander abgestimmt** und werden deshalb nur zusammen ausgeliefert, d.h. ein Einzelbezug ist nicht möglich.

Die Komponenten A und B dürfen ausschließlich im vorgeschriebenen Gewichtsverhältnis verarbeitet werden! Ein abweichendes Mischungsverhältnis A:B führt im allgemeinen zur Untervulkanisation mit ähnlichen Folgen, wie bereits bei den kondensationsvernetzenden Typen beschrieben.

Die Vulkanisation der additionsvernetzenden Siliconkautschuke kann bei Temperaturen zwischen 10 °C und 200 °C vorgenommen werden. Da bei der Vernetzung keine flüchtigen Reaktionsprodukte gebildet werden, kommt es weder zu einer Umkehrung der Vernetzungsreaktion bei höheren Temperaturen noch zu einer chemischen Schrumpfung des Vulkanisates durch einen Masseverlust. Vulkanisate aus additionsvernetzenden Siliconkautschuken sind daher unmittelbar nach Entformung einsatzfähig.

Mit dem unvulkanisierten Kautschuk in Kontakt kommende, sogenannte „inhibierende“, d.h. die Vernetzung durch Reaktivitätshemmung des Platinkomplex-Katalysators störende Substanzen können jedoch den Einsatz von additionsvernetzenden Siliconkautschuken erschweren oder sogar unmöglich machen.

Sicherheitshinweise / Sicherheitsvorkehrungen

Die in mehreren Jahrzehnten Anwendung gewonnene Erfahrung mit Siliconkautschuken hat ergeben, daß die kondensationsvernetzenden und additionsvernetzenden Kautschukmassen im Lieferzustand weder als toxisch noch als aggressiv anzusehen sind. Daher erübrigen sich besondere, über die allgemeinen arbeitshygienischen Vorschriften hinausgehende Vorsichtsmaßnahmen.

Dagegen können die zur Verarbeitung der kondensationsvernetzenden Typen eingesetzten Härter der Reihe „T“ Reizerscheinungen auslösen, wenn sie unverdünnt auf die Haut oder gar in die Augen gelangen. Bei besonders disponierten Personen können auch allergische Symptome auftreten. Daher sind entsprechende Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Weitere Hinweise

Unvulkanisierte Reste von Siliconkautschuk lassen sich problemlos mit fettlösenden Lösemitteln wie Benzin oder Aceton aus Gefäßen oder von Kleidungsstücken entfernen. Topfreife läßt man am besten vulkanisieren; danach kann man sie mühelos aus den Arbeitsgefäßen entnehmen.

Bereits an- oder gar ausvulkanisiertes Material läßt sich nur mehr nach vorherigem Anquellen in einem der oben genannten Lösemittel durch mechanische Einwirkung entfernen; ein Auflösen ist nicht mehr möglich! Dies sollte bei der Wahl einer zweckmäßigen Arbeitskleidung berücksichtigt werden. Beim Umgang mit Lösemitteln muß für eine ausreichende Belüftung des Arbeitsplatzes gesorgt werden.

Lagerung

Kondensationsvernetzende Typen

Die kondensationsvernetzenden Siliconkautschuke benötigen, wie bereits erwähnt, zur ordnungsgemäßen Vulkanisation, besonders in dickerer Schicht, geringe Mengen an Wasserdampf in der Kautschukmasse. Um ein Entweichen der bei der Herstellung zugesetzten Feuchtigkeit aus dem unvulkanisierten Kautschuk zu verhindern, müssen die Gebinde dicht verschlossen bei **Temperaturen** zwischen 5 und 30 °C gelagert werden.

ELASTOSIL® M SILICONE RUBBER

Addition curing

Silicone rubbers from the addition-curing category undergo vulcanisation when the two constituents A and B are mixed.

*These two constituents must be **precisely matched to one another** and so are always supplied together, i.e. it is not possible to purchase the one constituent only.*

The constituents A and B must be processed exclusively in the prescribed ratio of weights. A different mixing ratio A:B generally gives rise to undervulcanisation with similar consequences to those described above for condensation curing.

Addition-curing silicone rubbers can be vulcanised at temperatures between 10 and 200 °C. This type of cross-linking does not form volatile reaction products, so the cross-linking reaction is not reversed at higher temperatures, nor does the vulcanisate undergo chemical shrinkage as a result of any loss in mass. So vulcanisates that have been made from these silicone rubbers can be used directly after demoulding.

However, the possible applications for addition-cured silicone rubbers can be severely restricted and even made impossible should the unvulcanised rubber come into contact with so-called inhibiting substances, i.e. substances whose reactivity suppresses the cross-linking ability of the platinum complex catalyser.

Notes on safety / safety precautions

The experience gained from several decades of applications involving silicone rubbers has shown that the rubber compounds from both categories of condensation and addition curing may be regarded as neither toxic nor aggressive in the delivered state. For this reason, no special precautions need be taken beyond those specified in the general rules for industrial hygiene.

On the other hand, the hardeners from the T series used to process the condensation-curing types may cause irritation when, in the undiluted state, they come into contact with the skin or eyes. Particularly susceptible persons may show allergic symptoms, so the corresponding protective measures must be taken.

Other notes

Unvulcanised silicone rubber residue can be easily removed from receptacles and clothing with grease solvents such as petrol or acetone. The best method for residue in curing pots is to vulcanise it first: afterwards, it can be removed from the curing pot with the minimum of effort.

“Scorched” (prevulcanised) or even fully cured residue, on the other hand, can no longer be dissolved. Instead, it must be removed with a mechanical aid after the residue has undergone prior swelling under the effects of one of the solvents named above. The processor should take this into account when choosing suitable working clothes.

There must be adequate ventilation at the workplace when solvents are handled.

Storage

Condensation-curing types

*For vulcanisation to take place properly (and especially in a thick coat), this category of silicone rubbers, as mentioned above, needs small quantities of water vapour in the rubber compound. So that this moisture added to the compound during its manufacture cannot escape from the unvulcanised rubber, the packaging must be sealed tightly at **temperatures** between 5 and 30 °C.*



Nach der Entnahme von Teilmengen Kautschukmasse muß das Gebinde sofort wieder dicht verschlossen werden, darf also keinesfalls längere Zeit offen bzw. mit nur locker aufgelegtem Deckel gelagert werden. Anderenfalls kann es zu Untervulkanisation kommen, d.h. deutlich verlängerten Zeiten bis zur Entformbarkeit bzw. Klebfreiheit, verzögerter Durchhärtung in dicker Schicht und starker Haftungstendenz an der Form. Treten derartige, durch **Feuchtigkeitsmangel** hervorgerufene Vulkanisationsstörungen auf, kann durch eine einfache Maßnahme ein ordnungsgemäßes Vulkanisationsverhalten wieder hergestellt werden: Dazu rührt man 1 - 2 Gramm Wasser pro Kilogramm Kautschuk in die unvulkanisierte, noch nicht mit dem Härter versetzte Kautschukmasse ein, und lagert diese anschließend im dicht verschlossenen Gebinde mindestens 24 Stunden bei Raumtemperatur. Dabei verdunstet das flüssige Wasser und sättigt den Kautschuk mit der benötigten Feuchtigkeit.

Die Härter der Reihe T reagieren dagegen mit Feuchtigkeit unter Bildung eines flockigen Niederschlags. Die Härterflaschen müssen deshalb sofort nach Entnahme einer Teilmenge wieder dicht verschlossen werden. Die Lagerung sollte möglichst kühl, am besten zwischen 5 °C und 25 °C, erfolgen. Geringe Mengen des Niederschlags haben aber keine Auswirkungen auf Verarbeitungs- und Vulkanisationsigenschaften.

Überlagerte Härter (älter als 6 Monate) **können die Verarbeitungszeit des Silicons erheblich verkürzen!** Daher sollten gelieferte Gebinde innerhalb dieses Zeitraums verarbeitet werden.

Additionsvernetzende Typen

Die Komponenten der additionsvernetzenden Siliconkautschuke sollten bei Temperaturen zwischen 5 °C und 30 °C gut verschlossen gelagert werden.

Achtung! Bereits winzige Mengen des Platinkatalysators reichen, falls sie versehentlich- in die vernetzerhaltige Komponente gelangen, aus, eine Reaktion zu bewirken.

Man findet dann vulkanisierte Partikel bis zu mehreren Zentimetern Durchmesser im unvulkanisierten Material, oder es kommt möglicherweise zur Freisetzung von Wasserstoff. Eine derartige Verunreinigung mit Platinkatalysator („Kontamination“) kann bereits dann stattfinden, wenn die Gebinde von A- und B-Komponente offen nebeneinander stehengelassen werden. Daher müssen die Gebinde nach der Entnahme einer Teilmenge sofort wieder **dicht verschlossen** werden!

Es ist auch unbedingt darauf zu achten, daß Verarbeitungsgeräte, die jemals mit der katalysatorhaltigen Komponente oder der Mischung der beiden Komponenten in Verührung gekommen sind, keinesfalls in Kontakt mit der vernetzerhaltigen Komponente kommen! Es wird daher dringend empfohlen, die nur getrennt zu verwendenden Verarbeitungsgeräte jeweils unterschiedlich und gut sichtbar zu kennzeichnen, um Verwechslungen zu vermeiden.

Verarbeitung

Siliconkautschuke sind **hochentwickelte technische Produkte**, deren Verwendung gewisse **Kenntnisse** erfordert, um das gesamte Leistungsvermögen der jeweiligen Type ausnützen bzw. grundsätzliche **Anwendungsfehler vermeiden** zu können.

Vor Beginn der Verarbeitung sollte man sich daher unbedingt davon überzeugen, daß alle notwendigen Produktinformationen vorliegen.

Empfohlene Grundausstattung

Für die Verarbeitung kleinerer Mengen empfehlen wir folgende Grundausstattung:

- **Waage** (Genauigkeit 0,1 g) oder Meßgefäß oder Pipette bzw. Einwegspritze
- Saubere **Mischgefäße** aus Metall oder Kunststoff (am besten PE oder PP) oder Papp-Mischbecher
- **Spatel** aus Metall, Holz oder Kunststoff
- Steifer **Kurzhaarpinsel**
- Mechanisches **Rührgerät** (z.B. Bohrmaschine mit Blattrührer)
- Vakuumpumpe und Vakuumgefäß (z.B. **Exsikkator** aus Glas oder Kunststoff)
- Fettlösendes **Lösemittel** (z.B. Benzin, Aceton, MEK)

*When only part of the contents is removed, the packaging holding the rubber compound must be resealed tightly immediately afterwards: it must not remain open for a long time or be stored with a loose lid. Otherwise, undervulcanisation is the consequence, i.e. considerably longer times until the part is ready to demould or develops a tack-free surface, delayed curing in thick coats, and a strong tendency to adhere to the mould. Should **lack of moisture** disrupt vulcanisation in this manner, it can be made to progress properly with a simple measure: simply mix 1–2 g of water for every kilogram of rubber in the unvulcanised rubber compound (without added hardener), and then store this in its tightly sealed packaging at room temperature for at least twenty-four hours. During this time, the water evaporates, saturating the rubber compound with the required moisture in the process.*

The hardeners from the T series, on the other hand, react with moisture to form a flocculent precipitate. In other words, when only part of the contents is removed from the hardener's packaging, it must be resealed tightly immediately afterwards. The hardener must be stored in as cool an environment as possible, at best between 5 and 25 °C. Small quantities of precipitate, however, have no effect on the processing or vulcanisation properties.

Hardeners that have been stored for longer than the specified period (over six months) can cut the processing time for the silicone considerably. The contents of packaging must be consumed within the period specified.

Addition-curing types

The constituents of these types should be stored at temperatures between 5 °C and 30 °C in tightly sealed packaging.

Important! Even a minute quantity of the platinum catalyst is enough to initiate a reaction should it (accidentally) come into contact with the constituent containing the cross-linking agent.

*In this event, unvulcanised material may contain vulcanised zones with diameters up to several centimetres, or the material may possibly release hydrogen. The material is so susceptible to contamination with the platinum catalyst that the packaging for the constituents A and B should not even be placed next to each other when they are open. When only part of the contents is removed, the packaging must be **tightly sealed** immediately afterwards.*

It is imperative that the processor also ensures that tools and equipment used to prepare the constituent containing the catalyst or the mixture of the two constituents do not under any circumstances come into contact with the constituent containing the cross-linking agent. For this reason, we urgently recommend that the tools and equipment used separately to process the respective constituents are provided with different and highly visible markings so that they cannot be confused.

Processing

*Silicone rubbers are **highly developed technical products** that require a certain level of knowhow if the full potential of these products is to be utilised and fundamental **errors are avoided in their application.***

So before commencing work on processing, you should always convince yourself that you have all the required product information to hand.

Recommended basic equipment

When smaller quantities are processed, we recommend the following basic equipment.

- **Balance** (precision 0.1 g) and measuring vessel or pipette or disposable injector
- Clean **mixing vessels** of metal or plastic (ideally of PE or PP) or cardboard mixing cups
- **Spatulas** of metal, wood, or plastic
- **Stiff short-bristle brushes**
- Mechanical **mixing device** (e.g. drill with paddle agitator),
- Vacuum pump and vacuum vessel (e.g. **desiccator** of glass or plastic)
- Grease **solvent** (e.g. petrol, acetone, MEK)

ELASTOSIL® M SILICONKAUTSCHUK

Vorbereiten der Komponenten

Die gießbaren Massen bzw. Komponenten (ausgenommen die glasklar transparenten Typen) müssen vor jeder Entnahme einer Teilmenge aus dem Gebinde bzw. vor der Verarbeitung im Gebinde gründlich durchgerührt werden, um eine gleichmäßige Verteilung der enthaltenen Füllstoffe zu gewährleisten, die sich während der Lagerung abgesetzt haben könnten. Bei den Typen mit hoher Weiterreißfestigkeit, die bei längerer Lagerung etwas verdicken können, wird durch das Aufrühren wieder die optimale Fließfähigkeit erzielt.

Dosieren der Komponenten

Es wird dringend empfohlen, die Komponenten exakt zu dosieren, da nur bei genauer Einhaltung des Mischungsverhältnisses reproduzierbare Verarbeitungs- und Vulkanisationszeiten sowie, noch wichtiger, spezifikationsgerechte Vulkanisateigenschaften erhalten werden. Die Dosierung kann entweder über das Gewicht (Waage) oder das Volumen (Meßgefäß, Pipette oder Einwegspritze) erfolgen.

Da in den Verarbeitungsunterlagen das Mischungsverhältnis meist nur in Gewichtsteilen angegeben ist, muß für die Volumendosierung zuvor das Volumenverhältnis mittels der in den Produktmerk- sowie Sicherheitsdatenblättern angeführten Dichten errechnet werden.

Achtung!

Wird die Entlüftung der katalysierten Masse im Einwaagegefäß vorgenommen, muß dessen Fassungsvermögen mindestens dem vierfachen Volumen der katalysierten Kautschukmasse entsprechen (siehe unter „Entfernen der eingemischten Luft“!). Bei den kondensationsvernetzenden Siliconkautschuken führen Härter-Fehldosierungen zu folgenden Problemen:

Überdosierung

- Verkürzte Verarbeitungszeiten (bei sehr großer Überdosierung keine Vulkanisation!)
- Haftungstendenz auf Kontaktmaterialien (Grundierungseffekt!)
- Drastisch erhöhte chemische Schrumpfung
- Nachhärtung der Vulkanisate unter Einwirkung von Luftfeuchtigkeit („Versprödung“)
- Bei hoch ein- und weiterreißfesten Typen nach kurzer Zeit starker Rückgang des Weiterreißwiderstandes

Unterdosierung

- Verzögerte Vernetzungsreaktion (im Extremfall gar keine oder keine vollständige Ausvulkanisation!)
- Haftungstendenz auf Kontaktmaterial (Klebeeffekt!)
- Weiche, „lappige“ Vulkanisate mit geringer mechanischer Festigkeit und stark erhöhter Quellbarkeit

Bei den **additionsvernetzenden** Siliconkautschuken sind die konkreten Auswirkungen einer **Fehldosierung** der Komponente B unterschiedlich, abhängig vom Mischungsverhältnis A : B sowie davon, in welcher Komponente sich der Vernetzer bzw. der Platin-Katalysator befindet. In jedem Fall kommt es jedoch zu einer Veränderung des optimalen Polymer/Vernetzer-Verhältnisses sowie der Katalysator-Konzentration.

Die Folgen sind

- Verlängerte oder verkürzte Verarbeitungszeiten (bei sehr starker Abweichung vom vorgeschriebenen Mischungsverhältnis keine oder keine vollständige Vulkanisation!)
- Weiche, „lappige“ Vulkanisate mit geringer mechanischer Festigkeit und stark erhöhter Quellbarkeit
- Nachhärtung der Vulkanisate (bei Vernetzerüberschuß!) verstärkte Inhibierbarkeit (bei Katalysatormangel!)

6.06

ELASTOSIL® M SILICONE RUBBER

Preparing the constituents

The pourable compounds or constituents (excluding the transparent types) must be thoroughly mixed before they are removed from or processed in the packaging. This ensures that the fillers that may have precipitated during the storage period are distributed uniformly throughout. Stirring also ensures that types with high tear propagation strength, which may have thickened slightly during storage, regain their optimal flowability.

Dosing the constituents

It is essential that the constituents are precisely dosed. Only meticulous adherence to the mixing ratio ensures reproducible processing and vulcanisation times and, more importantly, the vulcanisate properties required for the respective application. Either the weight (determined with the balance) or the volume (determined with the measuring vessel, pipette, or disposable injector) can serve as the basis for dosing.

In most cases, the processing instructions specify the mixing ratio in parts by weight only, so the volume ratio needed for volumetric dosing must first be calculated from the densities given on the product's information and safety data sheets.

Important!

If the catalysed compound is de-aired in the weighing receptacle, the receptacle must be able to hold at least four times the initial volume of the catalysed rubber compound (see the section "Removing trapped air").

In the case of condensation-curing silicone rubbers, dosing the wrong quantity of hardener can cause the problems listed below.

Overdosing

- Shortened processing times (extreme overdosing suppresses vulcanisation).
- Tendency to adhere to contacting materials ("primer effect").
- Sharp increase in chemical shrinkage.
- Vulcanisates post-cure, and so embrittle under the effects of air humidity.
- High tear and tear propagation strengths drop sharply after a short time.

Underdosing

- Retarded cross-linking reaction (in extreme cases there is no or only partial curing).
- Tendency to adhere to contacting material ("adhesive effect").
- Soft, limp vulcanisates with low mechanical strength and an exaggerated tendency to swell.

*In the case of **addition-curing** silicone rubbers, the specific effects of a **wrongly dosed quantity** of constituent B vary, depending on the mixing ratio A : B and on which of the constituents contains the cross-linking agent and which the platinum catalyser.*

In all cases, both the optimal ratio of polymer to cross-linking agent and the concentration of the catalyser are changed as a result.

The consequences are

- Extended or shortened processing times (with extreme deviations from the specified mixing ratio there is no or only partial curing).
- Soft, limp vulcanisates with low mechanical strength and an exaggerated tendency to swell.
- Vulcanisates undergo post-curing (owing to the excess of cross-linking agents).
- Increased susceptibility to inhibiting effects (inadequate quantity of catalyser).

Vermischen der Komponenten (Katalysierung)

Es ist darauf zu achten, daß die beiden Komponenten Kautschuk und Härter bei den kondensationsvernetzenden Typen völlig gleichmäßig (homogen) vermischt werden. Dies läßt sich bei den gieß- und streichbaren Produkten per Hand mit dem Spatel bzw. bei größeren Mengen mittels eines mechanischen Rührwerkes oder einer automatischen Misch- und Dosieranlage erreichen. Als Rührwerkzeuge für mechanische Rührwerke haben sich mehrfach gelochte, leicht aus der Achsenebene gekantete Blattrührer bewährt, im Fall von Hochgeschwindigkeitsrührwerken (Dissolvern) auch Zahnscheiben.

Achtung! Sind die Viskositäten der beiden zu vermischenden Komponenten deutlich verschieden, wie z.B. beim Einmischen eines flüssigen Härters der Reihe T in eine Kautschukmasse, dann neigt die dünnerflüssige Komponente dazu, sich an der Wand des Mischgefäßes anzureichern. Um eine örtliche Überkonzentration mit ihren negativen Folgen (ungleichmäßige Ausvulkanisation, Inhomogenitäten) zu vermeiden, muß die Gefäßwand während des gesamten Mischvorganges mit einem Spatel in kurzen Abständen abgestreift werden, auch bei einer Vermischung mit Hilfe eines mechanischen Rührwerkes!

Entfernen der eingemischten Luft

Durch die Vermischung von Masse und Härter bzw. der beiden Komponenten A und B unter Luftzutritt wird zwangsläufig eine bestimmte Menge Luft in die Kautschukmasse eingetragen. Nur in wenigen Fällen ist aber die Viskosität der katalysierten Mischung so niedrig, daß sich innerhalb der jeweiligen Verarbeitungszeit eine vollständige bzw. ausreichende Selbstentlüftung der Kautschukmasse ergibt. Zur Erzielung **völlig luftblasenfreier** Vulkanisate müssen daher gießbare, d.h. fließfähige Mischungen (Viskositätswerte bis 200.000 mPa·s) unter vermindertem Druck (10 - 20 mbar!) in einem Exsikkator oder Vakuumschrank entlüftet (evakuiert) werden.

Da sich die katalysierte Masse während des Evakuierens sehr stark ausdehnt, darf das verwendete Gefäß nur zu höchstens einem Viertel seines Gesamtvolumens mit dieser gefüllt werden, um eine maximale Expansion der Kautschukmasse zu erlauben und damit die kürzestmögliche Entlüftungszeit zu gewährleisten. Während des Evakuierens steigt die Masse zunächst hoch und fällt dann, bei ausreichendem Volumen des Mischgefäßes, von selbst zusammen, bevor der Gefäßrand erreicht wird. Droht die Masse dennoch überzulaufen, muß kurz belüftet werden, wobei dieser Vorgang so oft zu wiederholen ist, bis die Masse bei vollem Vakuum in sich zusammenfällt. Kurz darauf wird das Evakuieren abgebrochen.

Die gesamte Dauer des Evakuiervorganges sollte **5 Minuten** nicht überschreiten. Es sollte keinesfalls so lange evakuiert werden, bis sich keine Blasen mehr bilden, da in diesem Fall für die ordnungsgemäße Vulkanisation notwendige flüchtige Bestandteile entfernt werden könnten. Außerdem geht durch zu langes Evakuieren Verarbeitungszeit verloren.

Im Gegensatz zu Gießmassen können **höherviskose Streichmassen** nicht durch Evakuieren entlüftet werden. In diesem Fall sollte entweder versucht werden, die Luftbläschen durch intensives Rühren klein und damit wenig störend zu halten, oder aber man bringt auf die Kontaktflächen (die abzuformende Oberfläche) zuerst eine **dünne, blasenfreie Schicht einer Gießmasse** auf, läßt diese leicht anvulkanisieren (nicht bis zur Klebfreiheit!) und appliziert dann erst die luftblasenhaltige Streichmasse.

Applikation

Gießbare Siliconkautschuke werden- nach dem Entlüften im Vakuum- aus möglichst geringer Höhe in dünnem Strahl auf- bzw. eingegossen.

Falls keine Evakuiermöglichkeit besteht, wird ein gewisser Entlüftungseffekt erreicht, wenn die Masse aus größerer Höhe in möglichst dünnem Strahl gegossen wird. Sollen jedoch völlig blasenfreie Kontaktflächen erzielt werden oder handelt es sich um eine streichbare Type, wird zuerst eine dünne Schicht katalysierte Gießmasse mit Hilfe eines steifen Kurzhaarpinsels luftblasenfrei aufgetragen. Nachdem diese Schicht leicht anvulkanisiert, aber noch klebrig ist, wird ein gießbares System, wie oben beschrieben, aufgegossen, eine streichbare Type mit einem Spatel aufgestrichen. Knetmassen werden von Hand oder mittels einer Walze appliziert.

Mixing (catalysing) the constituents

It must be ensured that the two constituents, rubber and hardener, are mixed completely uniformly (homogeneously) when the result is a condensation-curing type. Pourable and spreadable products can be homogeneously mixed by hand with the spatula or, for larger quantities, with a mechanical mixing device or an automated mixing and dosing system. Perforated paddle agitators set at a slight angle to the axial plane have proved efficient in mechanical mixing devices, but also toothed discs are used in high-speed mixers (dissolvers).

Important! *If the two constituents exhibit too great a difference in their viscosities, e.g. a liquid hardener from the T series must be mixed into the rubber compound, then the lower-viscosity constituent tends to accumulate on the sides of the mixing vessel. So that local overvulcanisation and its negative consequences (inhomogeneous curing or consistency) cannot arise, a spatula must be used to scrape down the sides of the receptacle at short intervals for the whole mixing process – even when a mechanical mixing device is used.*

Removing trapped air

*When the compound and hardener or the two constituents A and B are mixed in a vessel exposed to air, it is inevitable that a certain quantity of air becomes trapped in the rubber compound. Only in very few cases, however, is the viscosity of the catalysed mixture so low that the full or an adequate quantity of the air trapped in the rubber compound can escape within the respective processing time. Vulcanisates **completely free of air bubbles** are obtained only when pourable, i.e. flowable mixtures (max viscosity 200,000 mPa·s) are de-aired (evacuated) under a reduced pressure (10–20 mbar) in a desiccator or vacuum chamber. During evacuation, the catalysed compound undergoes extreme expansion. So that the rubber compound can expand to the maximum extent in the shortest possible evacuation time, the vessel holding the compound should not be filled to more than a quarter of its capacity. During the evacuation process, the compound first expands and then (provided that the capacity of the mixing vessel is large enough) collapses before reaching the vessel's rim. Should the compound be on the point of spilling over, air must be introduced into the chamber for a short period. This procedure must be repeated until the compound collapses in the hardest obtainable vacuum. The evacuation process is now stopped.*

*The full duration of the evacuation process should not exceed **five minutes**. Under no circumstances should evacuation be continued until bubbles no longer form: this could cause volatile constituents to escape that are needed for vulcanisation to take place properly. Moreover, too long an evacuation adds to the processing time.*

*In contrast to pouring compounds, **higher-viscosity spreadable** compounds cannot be de-aired through evacuation. Instead, one of two methods can be applied. The first involves intensive mixing to minimise the size, and therefore the disruptive potential of air bubbles. Alternatively, a **thin, bubble-free coat of a pourable compound** is applied to the contact surfaces (the surfaces forming the cast) and left to prevulcanise slightly (but not until the surface becomes tack-free) before serving as the base coat for the spreadable compound containing air bubbles.*

Application

After the de-airing process in a vacuum, pourable silicone rubbers are applied in thin jets as close to the base surface as possible.

If evacuation is not possible, a certain de-airing effect is achieved when the compound is applied in as thin a jet as possible from a greater height. If, however, the contact surfaces should not exhibit any bubbles at all or the rubber compound is a spreadable type, then the catalysed pourable compound is first of all applied in a thin, bubble-free coat with a stiff short-bristle brush. Once this coat has prevulcanised slightly, but is still tacky, the pourable system is introduced as described above or the spreadable system applied with a spatula. Kneadable compounds are applied by hand or with a roller.

ELASTOSIL® M SILICONKAUTSCHUK

Verarbeitungs- und Vulkanisationszeit

Die Verarbeitungs- oder Topfzeit, also jene Zeitspanne, innerhalb der sich die katalysierte Kautschukmasse noch gut verarbeiten läßt, hängt sowohl bei den kondensations- wie auch den additionsvernetzenden Typen stark von der Temperatur ab. Durch Erwärmen der Masse verkürzt, durch Abkühlen verlängert sich der Verarbeitungsspielraum wesentlich. Als Faustregel gilt eine Halbierung bzw. Verdoppelung der Topfzeit bei einer Erwärmung bzw. Abkühlung um etwa 7 °C.

Die **beginnende Vulkanisation** macht sich durch einen zunehmenden **Anstieg der Viskosität** (Verdickung, Abnahme der Fließfähigkeit bzw. der Plastizität) bemerkbar. Daher sollte der gesamte Topfzeitsspielraum nicht vollständig ausgenutzt werden. Vielmehr sollte die katalysierte Masse in möglichst niedrigviskosem, d.h. dünnflüssigem bzw. weichpastösem Zustand angewendet werden. Auch die **Vulkanisationszeit** hängt, bei den kondensationsvernetzenden weniger, bei den additionsvernetzenden Typen jedoch sehr stark von der Temperatur ab.

Man unterscheidet die Zeit bis zur Klebfreiheit des Vulkanisates, nach der z.B. entformt werden bzw. das vergossene oder beschichtete Teil ohne Beschädigung manipuliert werden kann, und die Zeit bis zur vollständigen Ausvulkanisation. Letztere kann, je nach Temperatur, von wenigen Minuten bei additionsvernetzenden bis zu mehreren Monaten bei kondensationsvernetzenden Produkten reichen. So lange die Vulkanisation nicht vollständig abgeschlossen ist, können längerdauernde Verformungen des Vulkanisates durch Nachvernetzung zu bleibenden Verformungen führen!

Wird die **Vulkanisation** durch Anwendung **höherer Temperaturen** beschleunigt (Achtung! Bei kondensationsvernetzenden Typen dürfen 70 °C wegen der Gefahr einer Reversion des Vernetzungsprozesses nicht überschritten werden!), kommt es beim Abkühlen des Vulkanisates zu einer thermischen Volumen-Schrumpfung, entsprechend dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Kautschuks. Je nachdem, ob die thermische Ausdehnung des Kautschuks im unvernetzten oder vernetzten Zustand erfolgt, was u.a. von der Topfzeit abhängt, kann es beim Abkühlen auf Raumtemperatur zu Verzerrungen der Vulkanisationsgeometrie kommen. Dies gilt sowohl für kondensations- (hier kommt noch die chemische Schrumpfung hinzu!) als auch für additionsvernetzende Produkte. Ist höchste Maßgenauigkeit gefordert, muß daher entweder die Vulkanisation bei der späteren Einsatztemperatur des Kautschuks vorgenommen, oder aber die Dimensionsänderung durch Berechnung oder Vorversuche ermittelt und entsprechend berücksichtigt werden.

Vulkanisationsstörungen

Kondensationsvernetzende Siliconkautschuke benötigen für eine schnelle und vollständige Aushärtung geringe Mengen an Feuchtigkeit. Informationen zum Fall eines Feuchtigkeitsmangels in der Kautschukmasse finden Sie unter "Lagerung".

Enthält die Umgebungsluft weniger als 40 % relative Feuchtigkeit, können die der Luft zugewandten Vulkanisatoberflächen klebrig bis flüssig bleiben. In diesem Fall muß der Feuchtigkeitsgehalt der Raumluft durch geeignete Maßnahmen (Verdunster, Zerstäuber, feuchte Tücher) entsprechend angehoben werden, was sich leicht mittels eines Hygrometers kontrollieren läßt. Ein Wasserzusatz zur Masse stellt in diesem Fall keine geeignete Maßnahme dar!

Bei den **additionsvernetzenden Siliconkautschuken** kann es durch eine Reihe von Substanzen oder Werkstoffen, die die Funktion des Platin-Komplekxkatalysators beeinträchtigen, im Falle eines Kontaktes mit der unvulkanisierten Mischung zu **Vulkanisationsstörungen** kommen, auch "Inhibierung" genannt. Diese Substanzen können sich sowohl an der Oberfläche eines mit der Kautschukmasse in Kontakt kommenden Substrates (Modell, Mischwerkzeug etc.) als auch in der Umgebungsluft befinden, u.a. in Temperöfen oder Wärmeschränken, in denen Gießharze ausgehärtet wurden, die inhibierende Stoffe freisetzen.

6.08

ELASTOSIL® M SILICONE RUBBER

Processing and vulcanisation times

Whether condensation- or addition-curing types, the processing time or pot life, i.e. the time during which the catalysed rubber compound can be processed without difficulty, depends greatly on the temperature. Higher temperatures essentially shorten the processing time, lower temperatures essentially increase it. A general rule of thumb is that a rise in temperature of about 7 °C halves the pot life, the equivalent drop in temperature doubles it.

A perceptible sign of incipient vulcanisation is the constant increase in viscosity (inspissation, drop in flowability or plasticity). For this reason, the pot life should not be utilised to the full extent. Instead, the catalysed compound should be used when it exhibits the lowest possible viscosity, i.e. when it is in a free-flowing or soft-pasty state.

Also the vulcanisation times depend on the temperature. This applies less to the condensation-curing types than to the addition-curing types, whose dependency is greater.

The vulcanisation time is divided further into the time needed for the vulcanisate to yield a tack-free surface, thus allowing e.g. demoulding or safe manipulation of the cast or coated part, and the time needed for full curing. Depending on the temperature, the latter can range from a few minutes in the case of addition-curing products to several months in the case of condensation-curing types. When vulcanisates have not cured completely, post-cross-linking can cause in the long term any deformation of the vulcanisate to become permanent.

If vulcanisation is accelerated at higher temperatures (Important! condensation-curing types must not be exposed to temperatures higher than 70 °C, otherwise the cross-linking process may undergo reversion), the vulcanisate, when cooled, experiences a thermally induced dimensional shrinkage based on the rubber constituent's coefficient of thermal expansion. Depending on whether the rubber undergoes thermal expansion in the cross-linked or un-cross-linked state (influenced by such factors as the pot life), the three-dimensional progress of vulcanisation can become distorted when the compound is cooled to room temperature. This applies to both addition-curing types and condensation-curing types (these latter undergo in addition chemically induced shrinkage). If the greatest dimensional accuracy is required, then either vulcanisation must take place at the subsequent working temperature of the rubber, or appropriate consideration is given to the dimensional changes that are calculated or determined beforehand in preliminary tests.

Disruptions to vulcanisation

Condensation-curing silicone rubbers need small quantities of moisture in order to cure completely and quickly. The consequences of a lack of moisture in the rubber compound are described under the section "Storage".

If the relative humidity of the ambient air is less than 40 %, then the surfaces of the vulcanisate exposed to the air can remain tacky or even liquid. In this event, suitable measures must be implemented (e.g. evaporator, atomiser, moist cloths) to raise the moisture content of the air in the processing environment, which can then be easily measured with a hygrometer. Adding water to the compound is not a suitable measure in this event.

In the case of addition-curing silicone rubbers, there are a number of substances or engineering materials that counteract the function of the platinum complex catalyser and so disrupt, or inhibit the progress of vulcanisation when they come into contact with the unvulcanised mixture. These substances can be found both on the surfaces of the substrate in contact with the rubber compound (model, mixer tools, etc.) and in the ambient air, e.g. in annealing ovens or hot-curing chambers used for cast resins that release inhibitors when curing.

Die wichtigsten dieser inhibierenden Stoffe sind:

- Schwefel, bestimmte Schwefelverbindungen wie Polysulfide und Polysulfone sowie andere schwefelhaltige Stoffe wie Natur- und bestimmte Synthesekautschuke (u.a. EPDM)
- Amine, Urethane und aminhaltige Stoffe wie amingehärtete Epoxidharze, bestimmte Polyurethane etc.
- Organometall- speziell Organozinn-Verbindungen und solche Substanzen enthaltende Stoffe wie z.B. Vulkanisate und Härter kondensationsvernetzender Siliconkautschuke
- Diverse natürliche und synthetische Öle, Fette, Wachse und Harze sowie solche Substanzen enthaltende Stoffe wie z.B. viele Trennmittel und fast alle Plastillsorten

Es wird daher dringend empfohlen, über entsprechende Vorversuche abzuschließen, daß die mit dem unvulkanisierten additionsvernetzenden Kautschuk in Berührung kommenden Materialien keine Inhibierung verursachen. Flüssige Anteile, klebrige oder deutlich weichere Vulkanisatoberflächen im Kontaktbereich oder eine deutlich verzögerte Ausvulkanisation weisen auf das Vorliegen einer Inhibierung hin.

Vorbereitung des Vulkanisates

Vor dem ersten Einsatz eines vulkanisierten Siliconkautschukes müssen je nach Vernetzungssystem, Vulkanisations- und Einsatzbedingungen im einzelnen Fall bestimmte Voraussetzungen erfüllt bzw. spezielle Maßnahmen getroffen werden:

Vulkanisate kondensationsvernetzender Kautschuke müssen absolut frei sein vom bei der Vernetzungsreaktion gebildeten flüchtigem Alkohol, bevor sie:

- Dauernd verformt werden, z.B. als Dichtung; anderenfalls kommt es zu einem Druckverformungsrest von bis zu 100 %, d.h. es ist kein Rückstellvermögen mehr vorhanden
- Auf Temperaturen über 90 °C erhitzt werden, da sonst Reversion eintritt, d.h. eine Umkehrung der Vernetzungsreaktion, die zur Erweichung bis Verflüssigung des Kautschuks innerhalb dickerer Schichten bzw. im geschlossenen System führt
- Alkoholdampfdicht verschlossen werden, z.B. im gekapselten Elektroverguß, da es sonst zu massiver Metall- und Kunststoffkorrosion kommt, als Langzeiteffekt auch bei Raumtemperatur
- Mit chemisch aggressiven oder physikalisch quellenden Agentien in Kontakt gebracht werden, z.B. als Formen zur Gießharzverarbeitung, da daraus sonst eine drastische Erniedrigung der erreichbaren Abformzahlen resultiert

Die Alkoholfreiheit frischer kondensationsvernetzter Vulkanisate läßt sich entweder durch mehrtägige Lagerung bei Raumtemperatur (Faustregel: ca. 24 Stunden je cm Schichtdicke bis zur nächstliegenden freien Oberfläche) oder mehrstündige Lagerung bei maximal 70 °C (Faustregel: ca. 6 Stunden je cm Schichtdicke bis zur nächstliegenden freien Oberfläche) erreichen, wobei das Vulkanisat offen, mit möglichst großer freier Oberfläche gelagert werden sollte.

The following is a list of the most important inhibitors:

- Sulphur, certain sulphur compounds such as polysulphides and polysulfones as well as other sulphurous substances such as natural and some synthetic rubbers (e.g. EPDM)
- Amines, urethanes, and substances containing amines such as amine-hardened epoxy resins, some polyurethanes, etc.
- Organometallic compounds, but specifically organotin compounds, and other substances containing these such as e.g. vulcanisates and hardeners for condensation-curing silicone rubbers
- Various natural and synthetic oils, greases, waxes, and resins as well as other substances containing these such as e.g. a large number of release agents and almost all plasticine brands

It is therefore urgently recommended to conduct the corresponding preliminary tests which can verify that the materials coming into contact with the unvulcanised addition-curing rubber do not inhibit vulcanisation. Liquid zones, tacky or perceptibly softer vulcanisate surfaces in the contact area, or severely retarded curing are indications of the presence of inhibitors.

Preparing the vulcanisate

Before a vulcanised silicone rubber can be put to use in a specific situation, a number of conditions must first be fulfilled or specific measures implemented depending on the curing system as well as the vulcanisation and field conditions.

Vulcanisates of condensation-curing rubbers must be absolutely free of the volatile alcohol formed during the cross-linking reaction before they can be:

- Subjected to plastic deformation operations, e.g. for manufacturing gaskets; otherwise, the compression set may be as high as 100 %, i.e. the vulcanisate no longer exhibits a restoring force
- Heated to temperatures over 90 °C; otherwise, the cross-linking reaction will reverse, causing the rubber to soften or liquefy in thicker coats or a closed system
- Sealed tightly against alcohol vapour, e.g. in cast encapsulations for electronic components; otherwise, there will be severe corrosion to metals and plastics, in the long term at room temperature as well
- brought into contact with chemically aggressive or physically swelling agents, e.g. as moulds for processing cast resins; otherwise, the max number of demouldings will be drastically reduced as a result

The alcohol content of fresh condensation-cured vulcanisates can be reduced to zero when they are stored for several days at room temperature (the general rule of thumb is approx. twenty-four hours for every centimetre of coat thickness to the next exposed surface) or for several hours at a max temperature of 70 °C (here the rule of thumb is approx. six hours for every centimetre of coat thickness to the next exposed surface). The vulcanisate must be stored with as much of its surface area exposed as possible.

ELASTOSIL® M SILICONKAUTSCHUK

Vulkanisate **additionsvernetzender Kautschuke** enthalten kein Reaktionsprodukt und sind deshalb im Prinzip sofort nach vollständiger Vernetzung einsetzbar. Da dieser Vorgang bei Raumtemperatur jedoch ebenfalls einige Tage dauern kann, empfiehlt sich eine anschließende mehrstündige Wärmebehandlung bei 100 °C, um die Vernetzung abzuschließen, insbesondere dann, wenn ein möglichst niedriger Druckverformungsrest gefordert wird. Generell lässt sich sagen, daß sich eine mehrstündige Wärmebehandlung, zumindest bei der künftigen Einsatztemperatur, maximal aber bei 180 °C, sowohl für alkoholfreie kondensations- wie auch für additionsvernetzende Vulkanisate im Hinblick auf das Erreichen ihrer höchstmöglichen Leistungsfähigkeit als günstig erwiesen hat.

Verkleben mit verschiedenen Materialien

Bereits vulkanisierte Silikonkautschuke lassen sich mit Hilfe von unter Einwirkung von Luftfeuchtigkeit ausvulkanisierenden Silikonkautschuk-Klebern mit anderen Werkstoffen verbinden. Besonders bewährt hat sich dafür das Produkt ELASTOSIL® E 4 (lösemittelfrei, standfest, transparent).

Zur Verklebung wird der Einkomponenten-Kautschuk dünn auf die vorbehandelte und entsprechend grundierte Werkstoff-Haftfläche sowie auf die mit Aceton oder Benzin gereinigte Silikonkautschuk-Vulkanisatoberfläche aufgetragen, worauf beide Teile ohne Wartezeit zusammengefügt werden. Durch seitliches Verschieben kann die Passung, falls erforderlich, noch korrigiert werden. Der seitlich herausquellende, überschüssige Kleber wird anschließend abgestreift. Bereits nach 1 - 2 Stunden ist meist eine gute Haftung gegeben, wobei allerdings die Schichtdicke des Kautschukvulkanisates, der Feuchtigkeitsgehalt der Umgebungsluft und die Temperatur einen starken Einfluß auf die Vulkanisationszeit des Klebers ausüben. Der bei der Vernetzung der ELASTOSIL® E-Typen auftretende Geruch nach Essigsäure verschwindet nach abgeschlossener Vulkanisation vollständig.

Sollen Silikonkautschuk-Vulkanisate miteinander verklebt werden, so bestreicht man die mit Aceton oder Benzin gereinigten Haftflächen jeweils mit einer möglichst dünnen Schicht ELASTOSIL® E 4 und fügt sie ohne Wartezeit zusammen. Im übrigen gilt das bereits beim Verkleben von RTV-2 Silikonkautschuk-Vulkanisaten mit Nichtsilicon-Werkstoffen erwähnte.

Einfärben

Silikonkautschuke können durch Zusatz von bis zu 4 Gew.-% mit ELASTOSIL®-Farbpaste FL eingefärbt werden. Die ELASTOSIL®-Farbpasten FL sind verarbeitungsfertige, weichpastöse und somit leicht einarbeitbare Zubereitungen aus sehr feinverteilten anorganischen Pigmenten und einem Siliconpolymer. Sie stehen standardmäßig in drei Farbstellungen zur Verfügung, sind physiologisch unbedenklich und ergeben licht-, UV- und heißluftbeständige Einfärbungen.

ELASTOSIL® M SILICONE RUBBER

*Vulcanisates of **addition-curing rubbers** do not contain any reaction product and so in principle can be put to use immediately they have completely cured. This process, however, may also take several days at room temperature, so one recommended procedure is subsequent heat treatment at 100 °C over several hours to bring cross-linking to a close, in particular when the lowest possible compression set is required. It is a generally accepted fact that heat treatment of several hours, at temperatures no less than the intended working temperature, yet no greater than 180 °C, is particularly effective as a measure for maximising the service properties of both alcohol-free condensation- and addition-curing vulcanisates.*

Gluing various materials

Silicone rubber glues that undergo vulcanisation when exposed to air humidity can be used to bond fully cured silicone rubbers to other materials. The product ELASTOSIL® E 4 (solvent-free, firm, transparent) has proved particularly effective in this respect.

First of all, a thin coat of one-component rubber is applied to the pretreated and adequately primed surface of the material to be glued and then to the surface of the silicone rubber vulcanisate. Both surfaces can now be joined without any further delay. If necessary, the parts can be pushed into place if they are misaligned. Any excess glue extruded from the sides of the join is then scraped off. In most cases, there is good adhesion as early as one to two hours later, depending on the applied thickness of the rubber vulcanisate, the moisture content of the ambient air, and the temperature, all of which greatly affect the vulcanisation time for the glue. The odour of acetic acid emitted by the ELASTOSIL® E types when undergoing cross-linking disappears once vulcanisation has completed.

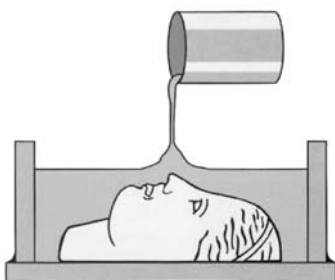
When the two parts to be joined are silicone rubber vulcanisates, ELASTOSIL® E 4 is spread as thinly as possible over each of the contact surfaces cleaned previously with acetone or petrol. The parts can now be joined without any further delay. Please also see the information provided earlier on bonding RTV-2 silicone rubber vulcanisates with non-silicone materials.

Colouring

Silicone rubbers can be coloured through the addition of up to 4 % by weight of ELASTOSIL® colour paste FL. ELASTOSIL® colour pastes FL are formulations ready for processing that are made up of inorganic pigments distributed extremely finely through a silicone polymer and whose soft-pasty consistency makes them easy to work into the compound. They are available in three standard colours, are physiologically safe, and yield colours that are resistant to light, UV, and hot air.



Auswahlhilfe / Selection chart ELASTOSIL® Silicon-Abformmassen <i>ELASTOSIL® silicone moulding compounds</i>	Kondensationsvernetzend <i>Condensation curing</i> ELASTOSIL® M 4503	Kondensationsvernetzend <i>Condensation curing</i> ELASTOSIL® M 4470
Konsistenz <i>Consistency</i>	gießfähig <i>pourable</i>	gießfähig <i>pourable</i>
Farbe des Vulkanisats <i>Colour of vulcanisate</i>	weiß <i>white</i>	rotbraun <i>reddish brown</i>
Vulkanisateigenschaften <i>Vulcanisate properties</i>	weich; hohe Dehnbarkeit und mechanische Festigkeit <i>soft, high extensibility and mechanical strength</i>	hart, hohe Hitzebeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit <i>hard, high heat resistance and thermal conductivity</i>
Verarbeitung <i>Processing</i>	Gießen/ <i>Pouring</i> Streichen (nur mit Verdickungsadditiv M) <i>Spreading (only in conjunction with thickening additive M)</i>	Gießen/ <i>Pouring</i> Streichen (nur mit Verdickungsadditiv M) <i>Spreading (only in conjunction with thickening additive M)</i>
Gut geeignete Reproduktionsstoffe <i>Ideal reproduction materials</i>	Polyesterharz / <i>Polyester resin</i> Polyurethanharz / <i>Polyurethane</i> Gips / <i>Plaster</i> Wachs / <i>Wax</i>	niedrigschmelzende Metalllegierungen <i>low-melting metal alloys</i> ; Wachs/ <i>Wax</i> Polyurethanharz / <i>Polyurethane</i> ; Gips / <i>Plaster</i> Polyesterharz / <i>Polyester resin</i>
Reproduktionswerkstoffe bei denen Grundierwachs als Trennmittel verwendet wird <i>Reproduction materials needing priming wax as release agent</i>	Epoxydharz <i>Epoxy resin</i>	Epoxydharz <i>Epoxy resin</i>
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	100:5 Gewichtsteile Vernetzer T 35 <i>100:5 parts by weight catalyst T 35</i>	100:2 - 100:3 Gewichtsteile Vernetzer T 40 <i>100:2 - 100:3 parts by weight catalyst T 40</i>
Verarbeitungszeit <i>Processing time</i>	90 Minuten <i>90 Minutes</i>	20 - 40 Minuten <i>20 - 40 Minutes</i>
Entformbar nach (Std./23 °C) <i>Demoulding after (hours at 23 °C)</i>	15	5 - 7
Lineare Schrumpfung nach 7 Tagen (%) <i>Linear shrinkage after 7 days (%)</i>	0,5	0,8



Einteilige Formen im Gießverfahren



Casting in one-part moulds

6.12

Auswahlhilfe / Selection chart ELASTOSIL® Silicon-Abformmassen <i>ELASTOSIL® silicone moulding compounds</i>	Additionsvernetzend <i>Addition curing</i> ELASTOSIL® M 4601	Additionsvernetzend <i>Addition curing</i> ELASTOSIL® M 4641
Konsistenz <i>Consistency</i>	gießfähig <i>pourable</i>	gießfähig <i>pourable</i>
Farbe des Vulkanisats <i>Colour of vulcanisate</i>	rotbraun <i>reddish brown</i>	transparent <i>colourless</i>
Vulkanisateigenschaften <i>Vulcanisate properties</i>	weich; sehr hohe Dehnbarkeit und mechanische Festigkeit <i>soft, very high extensibility and mechanical strength</i>	mittelhart, gute Dehnbarkeit und mech. Festigkeit; spez. für transparente Formen <i>medium-hard, good extensibility and mechanical strength, specifically for transparent moulds</i>
Verarbeitung <i>Processing</i>	Gießen / <i>Pouring</i> Streichen (nur mit Stabilisator 43) <i>Spreading (only in conjunction with stabiliser 43)</i>	Gießen / <i>Pouring</i> Streichen (nur mit Sabilisator 43) <i>spreading (only in conjunction with stabiliser 43)</i>
Gut geeignete Reproduktionsstoffe <i>Ideal reproduction materials</i>	Polyesterharz / <i>Polyester resin</i> ; Epoxydharz / <i>Epoxy resin</i> ; Polyurethanharz / <i>Polyurethane</i> Gips / <i>Plaster</i> ; Beton / <i>Concrete</i> Wachs / <i>Wax</i> ; Kunststein / <i>Cast stone</i>	Polyesterharz / <i>Polyester resin</i> ; Epoxydharz / <i>Epoxy resin</i> ; Polyurethanharz / <i>Polyurethane</i> Gips / <i>Plaster</i> ; Beton / <i>Concrete</i> Wachs / <i>Wax</i> ; Kunststein / <i>Cast stone</i>
Reproduktionswerkstoffe bei denen Grundierwachs als Trennmittel verwendet wird <i>Reproduction materials needing priming wax as release agent</i>	Epoxydharz in größeren Stückzahlen <i>Greater quantities of epoxy resins</i>	Epoxydharz in größeren Stückzahlen <i>Greater quantities of epoxy resin</i>
Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	9:1 Gewichtsteile Komp. A:B <i>9:1 Parts by weight</i> Const. A:B	10:1 Gewichtsteile Komp. A:B <i>10:1 Parts by weight</i> Const. A:B
Verarbeitungszeit <i>Processing time</i>	90 Minuten <i>90 Minutes</i>	100 Minuten <i>100 Minutes</i>
Entformbar nach (Std./23 °C) <i>Demoulding after (hours at 23 °C)</i>	12	15
Lineare Schrumpfung nach 7 Tagen (%) <i>Linear shrinkage after 7 days (%)</i>	< 0,1	< 0,1



Hautformen im Streichverfahren (ELASTOSIL® M 4503 + Verdickungsadditiv M bzw. M 4601/4641 + Stabilisator 43)

Spread coating on skin moulds (ELASTOSIL® M 4503 + thickening additive M or M 4601 / 4641 + stabiliser 43)

ELASTOSIL® M 4503

Beschreibung

- **Gießbarer, kondensationsvernetzender 2-Komponenten-Silikonkautschuk mit hoher Dehnfähigkeit (ca. 350 %)**
- **Ausgezeichnete Ein- und Weiterreißfestigkeit**
- **Große Dehnbarkeit und Elastizität**
- **Sehr gute Beständigkeit gegen Polyester-Gießharze**

Anwendungsgebiet

ELASTOSIL® M 4503 eignet sich aufgrund der hohen mechanischen Festigkeit seines Vulkanisates sowie dessen guter Beständigkeit gegen Gießharze, vor allem Polyesterharze, besonders für die **Reproduktion** stark hinterschnittener Strukturen mittels Gießharzen. Auch andere Reproduktionsmaterialien wie Wachs oder Gips lassen sich problemlos in Formen aus ELASTOSIL® M verarbeiten. Für Abgüsse mit Epoxidharz empfehlen wir den Einsatz von Grundierwachs als Trennmittel.

Verarbeitung

Vor der Verarbeitung der Abformmasse müssen die Füllstoffe, die sich durch die Lagerung absetzen, aufgerührt werden. Silicon und Vernetzer (Härter) sind sorgfältig miteinander zu verrühren.

Zur Erzielung eines blasenfreien Vulkanisats empfiehlt es sich, die mit Härter versetzte Masse zu entlüften. Dazu wird die Masse ca. 5 - 10 Minuten im Gefäß belassen, damit möglichst viele der eingerührten Luftblasen entweichen können. Noch besser ist ein Evakuieren im Vakuum.

Die beginnende Vulkanisation macht sich durch einen Viskositätsanstieg (Verdickung) bemerkbar. Es ist zweckmäßig, mit dem Vergießen nicht bis zuletzt zu warten, sondern die dünnflüssige Phase auszunützen und mit dem Gießen bald zu beginnen.

ELASTOSIL® M 4503 verbindet sich gut mit bereits ausgehärteten Schichten aus dem gleichen Werkstoff.

Verarbeitung mit Vernetzer T 35.

Verdickungsadditiv

Durch Zusatz von 1 - 2 Gew.-% **Verdickungsadditiv M** zur katalysierten Mischung (Silicon + Vernetzer) kann ELASTOSIL® M 4503 für Abformungen an vertikalen Flächen **standfest** eingestellt werden.

Lagerung

ELASTOSIL® M 4503 besitzt eine Lagerbeständigkeit von mindestens 12 Monaten, sofern die Behälter dicht geschlossen zwischen 5 und 30 °C gelagert werden. Der Vernetzer T 35 weist bei Lagertemperaturen von 5 und 25 °C in der dicht verschlossenen Flasche eine Beständigkeit von min. 6 Monaten auf.

M 4503 Packungsgrößen von 0,25 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 415 134-X, 415 135-X

SILICONE RUBBER ELASTOSIL® M 4503

Description

- **Pourable, condensation-curing two-component silicone rubber with high extensibility (approx. 350 %)**
- **Superior tear strength and tear propagation strength**
- **High extensibility and elasticity**
- **Very high resistance to polyester cast resins**

Range of applications

Owing to the high mechanical strengths of its vulcanisates and their good resistance to cast resins, above all polyester resins, ELASTOSIL® M 4503 is especially ideal for the cast resin **reproduction** of structures with extreme undercuts. Also other reproduction materials such as wax or plaster pose no problems when processed in moulds of ELASTOSIL® M. When epoxy resin is used for casts, we recommend the application of priming wax as a release agent.

Processing

Before the moulding compound is processed, the fillers that have settled during storage must first be stirred up. The silicone and the cross-linking agent (hardener) must be carefully mixed with each other. A recommended method for obtaining a bubble-free vulcanisate is to de-air the mixture of compound and hardener. To do so, leave the compound in the vessel for about five to ten minutes so that as many of the trapped air bubbles as possible can escape. An even better alternative is to de-air the compound in a vacuum.

A perceptible sign of incipient vulcanisation is an increase in viscosity (inspissation). It is advisable not to wait with casting until the last minute, but to start pouring sooner when the compound is in its free-flowing phase.

ELASTOSIL® M 4503 bonds well with fully cured coats of the same material.

Processing with the catalyst T 35

Thickening additive

The ELASTOSIL® M 4503 formulation can be modified for firm **applications on vertical surfaces when 1-2 % by weight of thickening additive M is added to the catalysed mixture (silicone and catalyst).**

Storage

ELASTOSIL® M 4503 has a shelf life of at least twelve months provided that its container is stored in the tightly sealed state at a temperature between 5 and 30 °C. When its bottle is sealed tightly, the catalyst T35 has a min shelf life of six months when stored at a temperature between 5 and 25 °C.

M 4503 packaging sizes from 0.25 kg to 25 kg
Order no. 415 134-X, 415 135-X



**Daten****Specifications**

ELASTOSIL® M 4503 <i>ELASTOSIL® M 4503</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	weiß <i>white</i>
Dichte bei 23 °C <i>Density at 23 °C</i>	g/cm ³	1,17
Mischungsverhältnis M 4503: Vernetzer T 35 <i>Mixing ratio M 4503: catalyst T 35</i>	Gewicht <i>Weight</i>	100 : 5
Verarbeitungszeit <i>Processing time</i>	Minuten <i>Minutes</i>	90
Zeit bis zur Entformbarkeit <i>Time to demoulding</i>	Stunden <i>Hours</i>	15
Mischviskosität <i>Viscosity of the mixture</i>	mPa·s/20 °C	40000
Dichte des Vulkanisates <i>Density of the vulcanisate</i>	g/cm ³ /20 °C	1,16
Reißfestigkeit <i>Tear strength</i>	MPa	5
Shore-Härte A <i>Shore hardness A</i>	---	25
Reißdehnung <i>Elongation at break</i>	%	350
Weiterreißwiderstand <i>Tear propagation strength</i>	MPa	≥20
Lineare Schrumpfung bei der Härtung <i>Linear shrinkage after curing</i>	%	0,5
Linearer Ausdehnungskoeffizient 0 -150 °C <i>Coefficient of linear expansion 0 -150 °C</i>	m/m·K	2 x 10 ⁻⁴
Wärmeleitfähigkeit <i>Thermal conductivity</i>	W/K·m	0,21
Dauer temperaturfestigkeit <i>Long-term temperature resistance</i>	ca. °C <i>approx. °C</i>	180
Lagerung (verschlossen bei 15 °C) <i>Storage (sealed at 15 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12

ELASTOSIL® M 4470

Kennzeichen

Gießbarer, bei Raumtemperatur vulkanisierender, kondensationsvernetzender Zweikomponenten-Silikonkautschuk mit

- Sehr guter Fließfähigkeit und Selbstentlüftung
- Hoher Härte Shore A (ca. 60)
- Sehr guter Hitzebeständigkeit
- Hoher Wärmeleitfähigkeit
- Ausgezeichneter Beständigkeit gegen die gebräuchlichen Gießharze

Anwendung

ELASTOSIL® M 4470 eignet sich besonders für Abformanwendungen, bei denen zugunsten einer ausgeprägten Verformungs- und Hitzestabilität auf hohe Dehnbarkeit und Weiterreißfestigkeit verzichtet werden kann, wie z.B. für die Herstellung von Formen von Modellen mit geringen bzw. ohne Hinterschneidungen, wenn es auf gute Wärmeableitung und hohe Wärmestabilität ankommt.

Typische Anwendungsbeispiele sind Formen mit

- Hoher Druckstabilität für das Verschäumen von Harzen (für Polyurethanschäume vorzugsweise mit Barrier-Coat!)
- Hoher Quellungsbeständigkeit gegen Gießharzbestandteile wie z.B. Styrol bei Polyesterharzen
- Hoher Hitzebeständigkeit und Fähigkeit zur Wärmeableitung für den Verguß von niedrigschmelzender Metalllegierungen

Eigenschaften

Unvulkanisiert

Farbe Colour			rotbraun reddish brown
Dichte bei 23 °C Density at 23 °C		(g/cm ³)	1.45
Viskosität bei 23 °C, aufgerührt Viscosity at 23 °C, after stirring	Brookfield	(mPa·s)	20000
Nach Zugabe von 3 Gew.-% Vernetzer T 40 With 3 wt % catalyst T 40			
Viskosität bei 23 °C Viscosity at 23 °C	Brookfield	(mPa·s)	10000

Verarbeitung

Die Verarbeitung von ELASTOSIL® M 4470 erfolgt durch Zusatz von Härter T 40 für kürzere Topf- und Vulkanisationszeiten.

	Härter / Catalyst (Gew.-% / wt %)	Verarbeitungszeit, ca. (min.) Pot life, approx. in minutes	Vulkanisationszeit (klebfrei) Curing time (tack free)
Härterdosierung Catalyst dosage	2 % T 40 3 % T 40	40 20	3 - 4 h 2 - 3 h

ELASTOSIL® M 4470

Characteristics

Pourable, condensation-curing, two component silicone rubber that vulcanizes at room temperature and features

- Good flow and self-deaeration
- High Shore A hardness (approx. 60)
- Very good heat resistance
- High thermal conductivity
- Outstanding resistance to common casting resins

Applications

ELASTOSIL® M 4470 is particularly suitable for moulding applications in which high elongation and tear strength can be sacrificed in favour of excellent deformation resistance and thermal stability, eg, for making moulds of models with no or only minor undercuts if good heat dissipation and high rigidity are required.

Typical applications are moulds with

- High rigidity for foaming resins (for foaming polyurethanes, it is advisable to use a barrier coat!)
- High swelling resistance to components of casting resins, such as styrene in the case of polyesters
- High thermal stability and heat dissipation for casting low-melting metal alloys

Product data

Uncured



Die aufgeführten Vorbereitungszeiten geben die Zeitspanne bei 23 °C/50 % rel. Luftfeuchte bis zum Erreichen einer Viskosität von 100000 mPa·s an, nach der die Masse gerade noch gießbar ist.

Für den Verguß niedrigschmelzender Metallegierungen (Schmelzpunkt maximal 300 °C!) eignen sich besonders dünnwandige Formen, die beim Gießen auf einer gut wärmeleitenden Unterlage, z.B. auf einer Aluminiumplatte, stehen sollten. Vor dem Verguß sollte die Form einige Stunden bei ca. 150 °C getempert werden. Zur Verbesserung der Benetzbarkeit der frischen Kautschukoberfläche durch das flüssige Metall hat sich ein Auspulvern mit Siliciumcarbit- oder Graphitpulver feinsten Körnung oder mit Acetylenruß bewährt. Die ersten Abgüsse sind in der Regel noch unbrauchbar, da der Kautschuk noch gasförmig und dadurch pockennarbige Gießlinge entstehen.

The pot life figures indicate the time at 23 °C/50 % rel. humidity required for the catalysed mix to attain a viscosity of 100000 mPa·s and still be just pourable.

Thin-walled moulds are best suited for casting lowmelting metal alloys (melting point: 300 °C max.) and should be placed on a sheet of aluminium or other material with high thermal conductivity. Before the casting process, the mould should be post-cured for a few hours at about 150 °C. In order to improve wetting by the molten metal, a thin layer of extremely fine silicon carbide, graphite powder or acetylene black should be applied to the mould surface. The first castings have normally to be discarded since the rubber still emits gases, giving the surface of the casting a pockmarked appearance.

Vulkanisat

Dichte bei 23 °C, in Wasser <i>Density at 23 °C, in water</i>	DIN 53479 A ISO 2781	(g/cm ³)	1.44
Härte Shore A <i>Hardness, Shore A</i>	DIN 53505 ISO 867	—	60
Reißfestigkeit <i>Tensile strength</i>	DIN 53504 S 3 ISO 37	(N/mm ²)	4.5
Reißdehnung <i>Elongation at break</i>	DIN 53504 S 3 ISO 37	(%)	120
Weiterreißwiderstand <i>Tear strength</i>	ASTM D 624 B	(N/mm)	> 4
Lineare Schrumpfung <i>Linear shrinkage</i>		(%)	0.8
Linearer Ausdehnungskoeffizient <i>Coefficient of linear expansion</i>	0 - 150 °C	(m/m·K)	1.5 x 10 ⁻⁴
Wärmeleitfähigkeit <i>Thermal conductivity</i>	DIN 52612	(W/m·K)	0.55

Vulkanisat

Lagerbeständigkeit

ELASTOSIL® M 4470 besitzt eine Lagerbeständigkeit von mindestens 12 Monaten, sofern die Originalabpackung dicht verschlossen zwischen 5 und 30 °C gelagert werden. Das Mindesthaltbarkeitsdatum der jeweiligen Charge ist auf dem Produktetikett angegeben.

Der Härter T 40 weist bei Lagertemperaturen zwischen 5 und 25 °C in der dicht verschlossenen Originalflasche eine Lagerbeständigkeit von mindestens 12 Monaten auf.

Eine Lagerung über diesen Zeitraum hinaus bedeutet nicht notwendigerweise, daß das Produkt unbrauchbar ist. Eine Überprüfung der für den jeweiligen Einsatzzweck erforderlichen Eigenschaftswerte ist jedoch in diesem Falle aus Gründen der Qualitätssicherung unerlässlich.

Packungsgrößen 250 g - 25 kg
Bestell-Nr. 415 120-X

Storage stability

ELASTOSIL® M 4470 has a shelf life of at least 12 months if stored in the sealed original containers between 5 and 30 °C. The "Best use before end" date of each lot is shown on the product label.

Catalyst T 40 have shelf lives of at least 12 months if stored in the sealed original bottles between 5 and 25 °C. If the material is kept beyond the shelf life it is not necessarily unusable, but a quality control should be performed on the properties relevant to the application.

If the material is kept beyond the self life, it is not necessarily unusable, but a quality control should be performed on the properties relevant to the application.

Packaging sizes 250 g to 25 kg
Order no. 415 120-X

VERDICKUNGSADDITIV M

Beschreibung

- **Chemisch wirkender Verdicker für kondensationsvernetzende Siliconkautschuke wie ELASTOSIL® M 4503**

Anwendungsgebiet

Verdickungsadditiv M dient zur Modifizierung der Fließfähigkeit bzw. zur Standfest-Einstellung des gießbaren ELASTOSIL® M 4503, um z.B. bei der Herstellung von Hautformen die Siliconkautschukmasse im Streichverfahren auf nicht ebene bzw. senkrechte Formoberflächen ohne Ablaufen bzw. Absacken mittels Pinsel oder Spachtel auftragen zu können. In Abhängigkeit von der zugesetzten Menge läßt sich, je nach Bedarf, die Konsistenz der Kautschukmasse gezielt von nur verminderter Fließfähigkeit bis zur völligen Standfestigkeit einstellen.

Verarbeitung

Dosierung, bezogen auf die Kautschukmasse, 0,5-2 %.
1 - 2 % Verdickungsadditiv genügen für eine hervorragende Standfestigkeit der katalysierten Kautschukmasse bis zu einer Schichtdicke von zumindest 10 mm auf senkrechter Fläche.

Um eine möglichst homogene Einmischung des Additivs zu erreichen, sollte wie folgt vorgegangen werden:

1. Siliconkautschukmasse einwiegen
2. Härter zu wiegen
3. Masse gründlich durchmischen
4. Verdickungsadditiv zuwiegen (Gebinde vorher kräftig schütteln oder rühren)
5. Masse gründlich durchmischen

Lagerung

Verdickungsadditiv M reagiert mit Luftfeuchtigkeit. Daher sollte der Behälter sofort nach der Entnahme einer Teilmenge wieder dicht verschlossen werden. Die Lagerbeständigkeit beträgt mindestens 12 Monate ab Lieferung, sofern die Gebinde dicht verschlossen zwischen 5 und 30 °C gelagert werden.

Packungsgrößen von 20 g bis 1 kg
Bestell-Nr. 415 150-X

Komplexe Abformungen wie an diesem Modell lassen sich nur durch den Einsatz von Siliconkautschuk realisieren.



Only silicone rubber is able to produce such complex casts as presented on this model.

THICKENING ADDITIVE M

Description

- **Chemical thickener for condensation-curing silicone rubbers such as ELASTOSIL® M 4503**

Range of applications

The thickening additive M serves to modify the flowability or the firm formulation of pourable ELASTOSIL® M 4503 so that the silicone rubber compound does not run off or sag when it is spread with a brush or spatula on uneven or vertical mould surfaces for manufacturing skin moulds.

The added quantity can be varied to modify the consistency of the rubber compound to the respective requirements, in various stages from reduced flowability to complete firmness.



Processing

Dosing from 0.5 to 2 % based on the rubber compound.
Adding only 1–2 % of thickening additive to the catalysed rubber compound enhances its stability to such an extent that the compound can be applied to a thickness of at least 10 mm on a vertical surface without dripping or sagging.

The rubber compound and the additive should be mixed as homogeneously as possible. Proceed as follows:

1. Weigh the precise quantity of silicone rubber compound.
2. Add the precisely weighed quantity of hardener.
3. Mix the compound thoroughly.
4. Add the precisely weighed quantity of thickening additive (first shake or stir the contents of the packaging thoroughly).
5. Mix the compound thoroughly.

Storage

The thickening additive M reacts with air humidity. When only part of the contents is removed, the vessel must be resealed tightly immediately afterwards. The min shelf life is twelve months following delivery provided that the packaging is stored in the tightly sealed state between 5 and 30 °C.

Packaging sizes from 20 g to 1 kg.
Order no. 415 150-X

SILICONKAUTSCHUK ELASTOSIL® M 4601

Beschreibung

- **Gießbarer, additionsvernetzender 2-Komponenten-Silikonkautschuk mit hoher Dehnfähigkeit (ca. 450 %)**
- **Ausgezeichnete Fließfähigkeit**
- **Schnelle, schrumpffreie Vulkanisation bei Raumtemperatur**
- **Ausgezeichnete Ein- und Weiterreißfestigkeit**
- **Mittlere Härte (Shore A ca. 26)**
- **Hervorragende Langzeitstabilität der mechanischen Vulkanisateigenschaften**
- **Sehr gute Beständigkeit gegen Gießharze, speziell Polyurethane**

Anwendungsgebiet

ELASTOSIL® M 4601 eignet sich aufgrund seiner ausgezeichneten Gießharzbeständigkeit in Verbindung mit den hervorragenden mechanischen Eigenschaften besonders für jene Abformanwendungen, bei denen Modelle mit starken Hinterschneidungen mittels Gießharzen reproduziert werden sollen.

Als additionsvernetzender und somit schrumpffrei aushärtender, weicher Siliconkautschuk ist ELASTOSIL® M 4601 jedoch auch optimal für die Verarbeitung aller anderen gängigen Reproduktionsmaterialien geeignet, vor allem, wenn auch stark strukturierte Modelle absolut dimensionsgenau kopiert werden sollen.

Verarbeitung

Die Vulkanisation der additionsvernetzenden Siliconkautschuke erfolgt durch Vermischen der Komponenten A und B. Die beiden Komponenten sind genau aufeinander abgestimmt und werden deshalb nur zusammen ausgeliefert, d.h. ein Einzelbezug ist nicht möglich. Zur Erzielung eines blasenfreien Vulkanisats empfiehlt es sich, die mit Härter versetzte Masse zu entlüften. Dazu wird die Masse ca. 5 - 10 Minuten im Gefäß belassen, damit möglichst viele der eingerührten Luftblasen entweichen können. Noch besser ist ein Evakuieren im Vakuum. Die **beginnende Vulkanisation** macht sich durch einen Viskositätsanstieg (Verdickung) bemerkbar. Es ist zweckmäßig, mit dem Vergießen nicht bis zuletzt zu warten, sondern die dünnflüssige Phase auszunützen und mit dem Gießen bald zu beginnen. Etwa 12 Stunden nach dem Vergießen kann bereits entformt werden. Bei Raumtemperatur wird die volle mechanische Festigkeit des Vulkanisats nach ca. 7 Tagen erreicht.

Einige Materialien wie z.B. normales Plastillin stören oder verhindern die Härtung additionsvernetzender Silicone (ELASTOSIL® M 4601 und M 4644).

Bitte beachten Sie die Hinweise zu "Vulkanisationsstörungen" auf Seite 6.08. ELASTOSIL® M 4601 verbindet sich nicht gut mit bereits ausgehärteten Schichten aus dem gleichen Werkstoff. Alle Güsse sollten daher *naß-in-naß* erfolgen!

Eindicken

Durch Zusatz von 0,3 - 0,5 Gew.-% **Stabilisator 43** zur katalysierten Mischung (A+B) kann ELASTOSIL® M 4601 für Abformungen an vertikalen Flächen standfest eingestellt werden.

Lagerung

ELASTOSIL® M 4601 Komp. A/B besitzt eine Lagerbeständigkeit von mindestens 12 Monaten, sofern die Behälter dicht geschlossen zwischen 5 und 30 °C gelagert werden.

Packungsgrößen von 1 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 415 133-X

SILICONE RUBBER ELASTOSIL® M 4601

Description

- **Pourable, addition-curing two-component silicone rubber with high extensibility (approx. 450 %)**
- **Superior flowability**
- **Fast, shrinkage-free vulcanisation at room temperature**
- **Superior tear strength and tear propagation strength**
- **Medium hardness (Shore A approx. 26)**
- **Superior long-term stability of the vulcanisate's mechanical properties**
- **Very high resistance to cast resins, in particular polyurethanes**

Range of applications

Owing to its superior resistance to cast resins in conjunction with the excellent mechanical properties, ELASTOSIL® M 4601 is the ideal choice for the cast resin reproduction of models with extreme undercuts.

However, as an addition-curing silicone rubber, and therefore one that cures free of shrinkage to form a soft compound, ELASTOSIL® M 4601 is also the optimal choice for processing all other conventional reproduction materials, and above all when models exhibiting complex structures must be reproduced to absolutely precise dimensions.



WACKER

Processing

Addition-curing silicone rubbers undergo vulcanisation when the two constituents A and B are mixed. These two constituents are precisely matched to one another and so are always supplied together, i.e. it is not possible to purchase the one constituent only. A recommended method for obtaining a bubble-free vulcanisate is to de-air the mixture of compound and hardener. To do so, leave the compound in the vessel for about five to ten minutes so that as many of the trapped air bubbles as possible can escape. An even better alternative is to de-air the compound in a vacuum.

A **perceptible sign of incipient vulcanisation** is an increase in viscosity (*inspissation*). It is advisable not to wait with casting until the last minute, but to start pouring sooner when the compound is in its free-flowing phase.

Demoulding can take place as early as about twelve hours after casting. When stored at room temperature, the vulcanisate reaches its final mechanical strength after about seven days.

A number of materials, e.g. normal plasticine, disrupt or prevent the curing of addition-curing silicones (ELASTOSIL® M 4601 and M 4644). **Please observe the information** under the section "Disruptions to vulcanisation" on page 6.08. ELASTOSIL® M 4601 does not bond well with fully cured coats of the same material. So all coats should be cast *wet-in-wet*.

Thickener

The ELASTOSIL® M 4601 formulation can be modified for casts on vertical surfaces when 0.3-0.5 % by weight of **stabiliser 43** is added to the catalysed mixture (A and B).

Storage

The ELASTOSIL® M 4601 constituents A and B have a shelf life of at least twelve months provided that their containers are stored in the tightly sealed state at a temperature between 5 °C and 30 °C.

Packaging sizes from 1 kg to 25 kg.
Order no. 415 133-X



Daten

Specifications

ELASTOSIL® M 4601 <i>ELASTOSIL® M 4601</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	---	flüssig <i>liquid</i>
Farbe <i>Colour</i>	---	rotbraun <i>reddish brown</i>
Mischungsverhältnis A : B <i>Mixing ratio A : B</i>	Gewicht <i>Weight</i>	9 : 1
Mischviskosität <i>Viscosity of the mixture</i>	mPa·s/20 °C	20000
Dichte des Vulkanisats <i>Density of the vulcanisate</i>	g/cm³/20 °C	1,13
Reißfestigkeit <i>Tear strength</i>	MPa	6,0
Shore-Härte A <i>Shore hardness A</i>	---	26
Reißdehnung <i>Elongation at break</i>	%	450
Weiterreißwiderstand <i>Tear propagation strength</i>	MPa	≥ 20
Lineare Schrumpfung bei der Härtung <i>Linear shrinkage after curing</i>	%	> 0,1
Linearer Ausdehnungskoeffizient <i>Coefficient of linear expansion</i>	m/m·K	2,4 x 10 ⁻⁴
Dauertemperaturfestigkeit <i>Long-term temperature resistance</i>	ca. °C <i>approx. °C</i>	180
Lagerung (verschlossen, 5 - 30 °C) <i>Storage (sealed at 5 - 30 °C)</i>	Monate <i>Months</i>	12

Packungsgrößen von 1 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 415 133-X

Packaging sizes from 1 kg to 25 kg
Order no. 415 133-X

Abformbeispiele mit Wacker-Siliconen

Examples of moulds with Wacker silicones



Einteilige Gußform aus
ELASTOSIL® M 4503

*One-part casting mould of
ELASTOSIL® M 4503*



Zweiteilige Gußform aus
ELASTOSIL® M 4503

*Two-part casting mould of
ELASTOSIL® M 4503*

6.20

Verarbeitungszeiten

Processing times

Verarbeitungszeiten bei Verarbeitungstemperatur <i>Processing times at processing temperature</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
- 15 °C	Tage <i>Days</i>	> 2
5 °C	Stunden <i>Hours</i>	6
15 °C	Stunden <i>Hours</i>	3
23 °C	Minuten <i>Minutes</i>	90
30 °C	Minuten <i>Minutes</i>	40

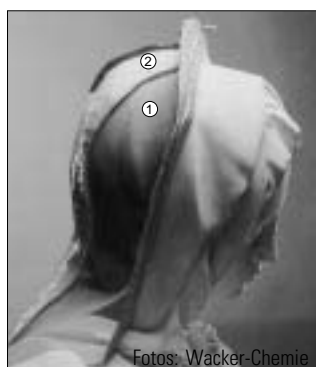
Vulkanisationszeiten

Vulcanisation times

Vulkanisationszeiten / Vulkanisationstemperatur <i>Vulcanisation times at vulcanisation temperature</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
23 °C	Stunden <i>Hours</i>	12
35 °C	Stunden <i>Hours</i>	3
70 °C	Minuten <i>Minutes</i>	20
100 °C	Minuten <i>Minutes</i>	10
150 °C	Minuten <i>Minutes</i>	5

Abformbeispiele mit Wacker-Siliconen

Examples of moulds with Wacker silicones



1.) Hautform aus Siliconkautschuk
2.) Stützform aus GFK

1.) Skin mould of silicone rubber
2.) Support mould of GRP



Herstellung einer Hautform von Michelangelos Pietà. (Weitere Informationen mit zahlreichen Abbildungen der Abformung in der Broschüre "Pietà" von R&G).

A skin mould being made on Michelangelo's Pietà (the pamphlet "Pietà" available from R&G contains more detailed information with numerous illustrations of the mould making process).

SILICONKAUTSCHUK ELASTOSIL® M 4641

Beschreibung

- **Gießbarer, additionsvernetzender 2-Komponenten-Silikonkautschuk mit hoher Dehnfähigkeit (> 300 %)**
- **Transparentes Vulkanisat**
- **Schnelle, schrumpffreie Vulkanisation bei Raumtemperatur**
- **Ausgezeichnete Ein- und Weiterreißfestigkeit**
- **Mittlere Härte (Shore A ca. 43)**
- **Sehr gute Beständigkeit gegen Gießharze, insbesondere Polyurethan- und Epoxydharze, für hohe Abformzahlen**

Anwendungsgebiete

ELASTOSIL® M 4641 ist eine Hochleistungs-Abformmasse mit besonderer Eignung für die Reproduktion von Modellen mit Hinterschneidungen mittels Polyester-, Polyurethan- und Epoxydharzen. Auch andere Reproduktionsmaterialien wie Wachs oder Gips lassen sich problemlos in Formen aus ELASTOSIL® M 4641 verarbeiten. Aufgrund der **hohen Transparenz des vulkanisierten Silicons** kann man beim Gießen der Reproduktionen von außen in die Form "hineinsehen". Ein Anwendungsschwerpunkt ist das Vakuumgießen für das Rapid Prototyping.

Verarbeitung

Die Vulkanisation der additionsvernetzenden Siliconkautschuke erfolgt durch Vermischen der Komponenten A und B. Die beiden Komponenten sind genau aufeinander abgestimmt und werden deshalb nur zusammen ausgeliefert, d.h. ein Einzelbezug ist nicht möglich. Zur Erzielung eines blasenfreien Vulkanisats empfiehlt es sich, die mit Härter versetzte Masse zu entlüften. Dazu wird die Masse ca. 5 - 10 Minuten im Gefäß belassen, damit möglichst viele der eingerührten Luftblasen entweichen können. Noch besser ist ein Evakuieren im Vakuum.

Die beginnende Vulkanisation macht sich durch einen Viskositätsanstieg (Verdickung) bemerkbar. Es ist zweckmäßig, mit dem Vergießen nicht bis zuletzt zu warten, sondern die dünnflüssige Phase auszunützen und mit dem Gießen bald zu beginnen.

Einige Materialien wie z.B. normales Plastillin stören oder verhindern die Härtung additionsvernetzender Silicone (ELASTOSIL® M 4601 und M 4641). **Bitte beachten Sie die Hinweise** zu "Vulkanisationsstörungen" auf **Seite 6.08**. Problematische Untergründe können mit einem Anstrich aus Schutzfilm SF 18 versehen werden (siehe Produktbeschreibung).

Lagerung

ELASTOSIL® M 4641 verbindet sich nicht gut mit bereits ausgehärteten Schichten aus dem gleichen Werkstoff. Alle Güsse sollten daher naß-in-naß erfolgen! ELASTOSIL M® 4641 Komp. A/B besitzt eine Lagerbeständigkeit von mindestens 12 Monaten, sofern die Behälter dicht geschlossen zwischen 5 und 30 °C gelagert werden.

Packungsgrößen von 1 kg bis 25 kg
Bestell-Nr. 415 130-X

SILICONE RUBBER ELASTOSIL® M 4641

Description

- **Pourable, addition-curing two-component silicone rubber with high extensibility (> 300 %).**
- **Transparent vulcanisate**
- **Fast, shrinkage-free vulcanisation at room temperature**
- **Superior tear strength and tear propagation strength**
- **Medium hardness (Shore A approx. 43)**
- **Very high resistance to cast resins, in particular polyurethane and epoxy resins, for a large number of demouldings**

Range of applications

ELASTOSIL® M 4641 is a high-performance moulding compound ideal for the polyester, polyurethane, or epoxy resin reproduction of models with undercuts. Also other reproduction materials such as wax or plaster pose no problems when processed in moulds of ELASTOSIL® M 4641.

The high transparency of the vulcanised silicone allows an unimpeded view into the mould when the reproductions are being cast. One of the main fields of applications is vacuum casting for rapid prototyping.

Processing

Addition-curing silicone rubbers undergo vulcanisation when the two constituents A and B are mixed. These two constituents are precisely matched to one another and so are always supplied together, i.e. it is not possible to purchase the one constituent only. A recommended method for obtaining a bubble-free vulcanisate is to de-air the mixture of compound and hardener. To do so, leave the compound in the vessel for about five to ten minutes so that as many of the trapped air bubbles as possible can escape. An even better alternative is to de-air the compound in a vacuum. A perceptible sign of incipient vulcanisation is an increase in viscosity (inspissation). It is advisable not to wait with casting until the last minute, but to start pouring sooner when the compound is in its free-flowing phase. A number of materials, e.g. normal plasticine, disrupt or prevent the curing of addition-curing silicones (ELASTOSIL® M 4601 and M 4641). **Please observe the information** under the section "Disruptions to vulcanisation" on **page 6.08**. The protective film SF 18 can be applied to base surfaces that may otherwise prove problematic (see the product's description).

Storage

ELASTOSIL® M 4641 does not bond well with fully cured coats of the same material. So all coats should be cast wet-in-wet. The ELASTOSIL® M 4641 constituents A and B have a shelf life of at least twelve months provided that their containers are stored in the tightly sealed state at a temperature between 5 and 30 °C.

Packaging sizes from 1 kg to 25 kg.
Order no. 415 130-X



WACKER



Rapid Prototyping mit dem transparenten Siliconkautschuk ELASTOSIL® M 4641

Rapid prototyping with the transparent silicone rubber ELASTOSIL® M 4641

6.22



Eigenschaften

Unvulkanisiert

Product data

Uncured

Komponente <i>Component</i>		A	B
Farbe <i>Colour</i>		Transparent	Farblos <i>Colourless</i>
Dichte bei 23 °C <i>Density at 23 °C</i>		1.08	0.97
Viskosität bei 23 °C, aufgerührt <i>Viscosity at 23 °C, after stirring</i>	Brookfield	50000 (mPa·s)	400 (mPa s)

Katalysiert (A + B)

Catalysed (A + B)

Mischungsverhältnis <i>Mixing ratio</i>	A : B	(Gew.- Teile) <i>(parts by weight)</i>	10 : 1
Farbe <i>Colour</i>			Transparent
Viskosität bei 23 °C <i>Viscosity at 23 °C</i>	Brookfield	(mPa·s)	30000

Vulkanisat

Cured

Nach 24 Stunden bei 23 °C / *After 24 hours at 23 °C*

Dichte bei 23 °C, in Wasser <i>Density at 23 °C, in water</i>	DIN 53479 A ISO 2781	(g/cm ³)	1.07
Härte Shore A <i>Shore A hardness</i>	DIN 53505 ISO 868		43
Reißfestigkeit <i>Tensile strength</i>	DIN 53504 S1 ISO 37	(N/mm ²)	> 4.5
Reißdehnung <i>Elongation at break</i>		(%)	> 300
Weiterreißwiderstand <i>Tear strength</i>	ASTM D 624 B	(N/mm ²)	> 25
Lineare Schrumpfung <i>Linear shrinkage</i>		(%)	< 0.1
Linearer Ausdehnungskoeffizient (0 - 150 °C) <i>Coefficient of linear expansion (0 - 150 °C)</i>		(m/(m·K))	2.5 x 10 ⁻⁴



Verarbeitungszeiten

Pot lives

Verarbeitungstemperatur <i>Processing temperature</i>		
- 15 °C	(d)	>2
5 °C	(h)	6
15 °C	(h)	3
23 °C	(min)	100
30 °C	(min)	50

Vulkanisationszeiten

Curing times

Vulkanisationstemperatur <i>Curing temperature</i>		
23 °C	(h)	15
35 °C	(h)	4
60 °C	(h)	2
70 °C	(min)	30
100 °C	(min)	15
150 °C	(min)	5



STABILISATOR 43

Beschreibung

- **Chemisch wirkender Verdicker für additionsvernetzende Siliconkautschuke wie ELASTOSIL® M 4601 und 4641**

Anwendungsgebiet

Stabilisator 43 dient zur Modifizierung der Fließfähigkeit bzw. zur Standfest- Einstellung der gießbaren ELASTOSIL® M- Typen 4601 und 4641, um z.B. bei der Herstellung von Hautformen die Siliconkautschukmasse im Streichverfahren auf nicht ebene bzw. senkrechte Formoberflächen ohne Abfließen bzw. Absacken mittels Pinsel oder Spachtel auftragen zu können.

In Abhängigkeit von der zugesetzten Menge läßt sich, je nach Bedarf, die Konsistenz der Kautschukmasse gezielt von nur verminderter Fließfähigkeit bis zur völligen Standfestigkeit einstellen.

Verarbeitung

Dosierung, bezogen auf die Kautschukmassen, 0,1 - 0,5 %

0,3 -0,5 % Stabilisator 43 genügen für eine hervorragende Standfestigkeit der katalysierten Kautschukmasse bis zu einer Schichtdicke von zumindest 10 mm auf senkrechter Fläche.

Um eine möglichst homogene Einmischung des Additivs zu erreichen, sollte wie folgt vorgegangen werden:

1. Siliconkautschukmasse einwiegen
2. Härter zuwiegen
3. Masse gründlich durchmischen
4. Stabilisator 43 zuwiegen
5. Masse gründlich durchmischen

Lagerung

Die Lagerbeständigkeit beträgt mindestens 12 Monate ab Lieferung, sofern die Gebinde dicht verschlossen zwischen 5 und 30 °C gelagert werden.

Packungsgrößen von 20g bis 1kg
Bestell-Nr. 415 152-X

STABILISER 43

Description

- **Chemical thickener for addition-curing silicone rubbers such as ELASTOSIL® M 4601 and 4641**

Range of applications

Stabiliser 43 serves to modify the flowability or the firm formulation of pourable ELASTOSIL® M types 4601 and 4641 so that the silicone rubber compound does not run off or sag when it is spread with a brush or spatula on uneven or vertical mould surfaces for manufacturing skin moulds.

The added quantity can be varied to modify the consistency of the rubber compound to the respective requirements, in various stages from reduced flowability to complete firmness.



Processing

Dosing from 0.1 to 0.5 % based on the rubber compound.

Adding only 0.3–0.5 % of stabiliser 43 to the catalysed rubber compound enhances its stability to such an extent that the compound can be applied to a thickness of at least 10 mm on a vertical surface without dripping or sagging.

The rubber compound and the additive should be mixed as homogeneously as possible. Proceed as follows:

1. Weigh the precise quantity of silicone rubber compound
2. Add the precisely weighed quantity of hardener
3. Mix the compound thoroughly
4. Add the precisely weighed quantity of stabiliser 43
5. Mix the compound thoroughly

Storage

The min shelf life is twelve months following delivery provided that the packaging is stored in the tightly sealed state between 5 and 30 °C.

Packaging sizes from 20 g to 1 kg.
Order no. 415 152-X

SCHUTZFILM SF 18

Beschreibung

- **Verhindert Vulkanisationsstörungen**

Anwendungsgebiete

Schutzfilm SF 18 dient zur **Abdeckung kritischer Oberflächen** z.B. aus normalem **Plastilin** oder **amingehärtetem Epoxyharz**, um Vulkanisationsstörungen bei additionsvernetzenden Siliconen an der Kontaktfläche zu verhindern. SF 15 besteht aus einem modifizierten Polyvinylbutyral in Ethylalkohol.

Schutzfilm SF 18 wird ausserdem zur **Versiegelung poröser Modell-Oberflächen** (z.B. Gips, Holz, Stein) eingesetzt, um eine mechanische Verankerung des Siliconkautschuks zu verhindern und so eine einwandfreie Entformung von Modell zu gewährleisten.

Verarbeitung

Die Verarbeitung erfolgt durch **Aufstreichen** mittels Pinsel oder Aufsprühen. Der Auftrag sollte in der größtmöglichen Schichtstärke erfolgen, die gerade noch unter Berücksichtigung der Wiedergabe wichtiger Oberflächendetails akzeptabel ist.

Die **Trockenzeit** nach dem Auftragen beträgt **ca. 1 Stunde**.

Schutzfilm SF 18 bildet keine chemische Haftung zu den mit ihm in Kontakt stehenden Materialien aus. Je nach Saughaftung und mechanischer Verankerung kann er bei der Entformung ganz oder teilweise auf der ursprünglichen Oberfläche verbleiben oder aber auf den vulkanisierten Siliconkautschuk übergehen. Er lässt sich leicht wieder mit Ethylalkohol entfernen.

Lagerung

Die Lagerbeständigkeit beträgt mindestens 24 Monate ab Lieferung, sofern die Gebinde dicht verschlossen zwischen 5 und 30 °C gelagert werden.

Packungsgrößen 40 g und 700 g
Bestell-Nr. 415 153-X

PROTECTIVE FILM SF 18

Description

- **Prevents disruptions to vulcanisation.**

Range of applications

The protective film SF 18 is **applied to critical surfaces, e.g. of normal plasticine or amine-hardened epoxy resin**, to prevent disruptions to vulcanisation caused by the contact between the surface and the addition-curing silicones.

The protective film SF 18 is used in addition as a **sealing compound on porous modelling surfaces** (e.g. plaster, wood, stone) to counteract the mechanical adhesion of the silicone rubber, ensuring as a result that the model is properly demoulded.

Processing

The protective film is either **sprayed or brushed** over the surface. The applied coat should be as thick as acceptably possible for reproducing important surface details.

The **drying time** after application is **approx. one hour**.

The protective film SF 18 does not promote any chemical adhesion to the contacting materials. After demoulding, all or part of the film remains on the original surface or transfers to the vulcanised silicone rubber, depending on the respective absorption-induced and mechanical adhesion properties. It can be easily removed with ethyl alcohol.

Storage

The min shelf life is twenty-four months following delivery provided that the packaging is stored in the tightly sealed state between 5 and 30 °C.

Packaging sizes 40 g and 700 g
Order no. 415 153-X

Schutzfilm SF 18 <i>Protective film SF 18</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Aussehen <i>Appearance</i>	---	flüssig, klar, farblos <i>liquid, transparent, colourless</i>
Feststoffgehalt <i>Solids content</i>	Gew.-%	10
Viskosität <i>Viscosity</i>	mPa·s	100
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ / 23 °C <i>g/cm³ at 23 °C</i>	0,81
Trockenzeit <i>Drying time</i>	Minuten <i>Minutes</i>	ca. 60 <i>approx.60</i>
Lagerfähigkeit <i>Shelf life</i>	Monate <i>Months</i>	min. 24

6.26

ELASTOSIL® FARBPASTEN FL

Beschreibung

- Ergeben licht-, UV- und heißluftbeständige Einfärbungen
- Bei Beachtung der empfohlenen Dosierung werden die mechanischen Eigenschaften der eingefärbten Vulkanisate nicht nachteilig beeinflusst

Anwendungsgebiet

ELASTOSIL® Farbpasten FL sind zum Einfärben von additions- und kondensationsvernetzenden Siliconen geeignet.

Ab Lager sind die 3 Farbtöne lieferbar:

- RAL 30000 dunkelrot
- RAL 5010 dunkelblau
- RAL 9011 schwarz

Verarbeitung

Vor Verarbeitung aufrühren. Je nach gewünschter Farbintensität können 0,5 - 4 % Farbpaste FL dosiert werden.

Lagerung

ELASTOSIL® Farbpasten FL besitzen eine Lagerbeständigkeit von mindestens 12 Monaten, sofern die Behälter dicht verschlossen nicht über 25 °C gelagert werden.

Packungsgrößen von 0,1 kg bis 1 kg
Bestell-Nr. 415 155-X (dunkelrot),
415 160-X (dunkelblau), 415 165-X (schwarz)

ELASTOSIL® E4

Kennzeichen

ELASTOSIL® E 4 ist ein standfester, bei Raumtemperatur unter dem Einfluß von Luftfeuchtigkeit vernetzender RTV- 1 Silikonkautschuk

Merkmale

- Essigsäure-Vernetzungssystem
- Standfest
- In transparenter und schwarzer Farbe erhältlich
- Ausgezeichnete Haftung auf vielen Substraten ohne Grundierung
- Vulkanisat mit geringer Härte Shore A

Anwendung

- Allroundkleber

ELASTOSIL® COLOUR PASTES FL

Description

- For colours resistant to light, UV, and hot air
- No loss in the coloured vulcanisate's mechanical properties when the recommended dosing is observed



Range of applications

ELASTOSIL® colour pastes FL are suitable for both addition- and condensation-curing silicones.

Three colour tones are available ex warehouse:

- RAL 3000 dark red
- RAL 5010 dark blue
- RAL 9011 black

Processing

First stir up the colour paste before processing it. The colour paste FL can be dosed from 0.5 to 4 % to yield the required colouring intensity.

Storage

ELASTOSIL® colour pastes FL have a shelf life of min twelve months provided that the packaging is stored in the tightly sealed state at a temperature no higher than 25 °C.

Packaging sizes from 0.1 kg to 1 kg.
Order nos. 415 155-X (dark red),
415 160-X (dark blue), 415 165-X (black)

ELASTOSIL® E4

Characteristics

ELASTOSIL® E4 is a non-stop one-component silicone, which cures at room temperatures under the influence of atmospheric moisture

Features

- Acetic acid-curing system
- Non-slump
- Available colour: transparent and black
- Excellent primerless adhesion to many substrates
- Cured rubber with low Shore A hardness

Applications

- Multipurpose glue



Eigenschaften E4

Unvulkanisiert

Product data E4

Uncured rubber

Farbe Colour		transparent transparent
Dichte bei 23 °C Density at 23 °C	(g/cm ³)	1.03
Viskosität bei 23 °C Viscosity at 23 °C	(mPa s)	standfest non-stump

Vulkanisat 22 mm, 14 d bei 23 °C, 50 % RLF gelagert

Cured rubber 2 mm, 14 d storage at 23 °C, 50 % r.h.

Farbe Colour		transparent transparent
Dichte bei 23 °C, in Wasser Density at 23 °C, in water	DIN 53 479 A ISO 2781	(g/cm ³) 1.02
Härte, Shore A Hardness, Shore A	DIN 53 505 ISO 868	16
Reißdehnung Elongat at break	DIN 53 504-S1 ISO 37	(%) 600
Reißfestigkeit Tensile strength	DIN 53 504-S1 ISO 37	(N/mm ²) 1.5
Weiterreißwiderstand Tear strength	ASTM D 624	(N/mm) 5.0

Diese Angaben stellen Richtwerte dar und sind nicht zur Erstellung von Spezifikationen bestimmt.
These figures are intended as a guide and should not be used in preparing specifications.

Verarbeitungsmerkmale

Processing features

Hautbildungszeit bei 23 °C, 50 % RLF Skin-forming time at 23 °C, 50 % r.h.	min	10 - 25
Vulkanisationszeit bei 23 °C, 50 % RLF Curing time at 23 °C, 50 % r.h.	h/mm	12 - 24

ELASTOSIL® E 4 haftet ohne Grundierung auf vielen Substraten. Der Verarbeiter muß durch einige Versuche die für die jeweilige Anwendung optimalen Bedingungen selbst ermitteln.

ELASTOSIL® E 4 shows good primerless adhesion to many substrates. We recommend running preliminary tests to optimize conditions for the particular application.

Sicherheitstechnische Hinweise

Bei der Vulkanisation von ELASTOSIL® E 4 werden etwa 3 Gewichtsprozent Essigsäure freigesetzt. Die Dämpfe sollten nicht in hohen Konzentrationen oder über einen längeren Zeitraum eingeatmet werden. Für eine ausreichende Belüftung des Arbeitsplatzes ist daher zu sorgen. Sollte unvulkanisierter Silikonkautschuk mit Augen oder Schleimhaut in Berührung kommen, ist gründlich zu spülen, da sonst Reizungen hervorgerufen werden. Ausführliche Hinweise enthalten die jeweiligen Sicherheitsblätter.

Safety instructions

During vulcanization of ELASTOSIL® E 4, a total of 3 % by weight of acetic acid is split off. These vapours should not be inhaled for long periods or in high concentration. Work areas should therefore be well ventilated. Contact of unvulcanized silicone rubber with eyes and mucous membranes must be avoided as this would cause irritation. However if it does happen, rinse the affected area thoroughly.

Lagerbeständigkeit

ELASTOSIL® E 4 besitzt eine Lagerbeständigkeit von mindestens 9 Monaten, sofern die Originalverpackung dicht verschlossen zwischen 5 und 25 °C gelagert werden. Eine Lagerung über den angegebenen Zeitraum hinaus bedeutet nicht notwendigerweise, daß die Ware unbrauchbar ist. Eine Überprüfung der für den jeweiligen Einsatzzweck erforderlichen Eigenschaftswerte ist jedoch in diesem Falle aus Gründen der Qualitätssicherung unerlässlich.

Storage stability

ELASTOSIL® E 4 has a shelf life of at least 9 Months if stored in tightly closed original containers between 5 and 25 °C. If the material is kept beyond the recommended shelf life, it is not necessarily unusable, but a quality control should be performed on the properties relevant to the application.

EXSIKKATOR

Zum Entlüften von Siliconkautschuk- und Harzansätzen. Transparent, leicht, unzerbrechlich. Vakuumfest, fester Stand. Nur für Raumtemperatur geeignet.

Luftdicht durch Silikon-o-Ring, ohne Einfetten. Herausnehmbarer PP-Hahn mit TFE-Küken. Anschluß für Schläuche mit Innendurchmesser von 6,4 - 9,5 mm im Unterteil und Deckel. TPE- Verschlussstopfen für Normaldruck. Höhe 329mm, Außen-Durchmesser einschließlich Hahn 280mm, Innen-Durchmesser 251mm, maximale Höhe über der Platte 195mm.

Für organische Lösemittel nicht geeignet.

Verwendung mit der Vakuum-Handpumpe oder den elektrischen R&G Vakuumpumpen (bitte extra bestellen)

Bestell.-Nr. 390 104-1



DESICCATOR

For de-airing quantities of silicone rubber and resin. Transparent, lightweight, unbreakable. Vacuum-tight, good upright stability. Suitable for room temperature applications only. Silicone O ring as airtight seal, no grease needed. Removable PP cock with TFE plug. Connections provided on base and cover for tubes with internal diameters from 6.4 to 9.5 mm. TPE plug for normal pressure. Height 329 mm, external diameter incl. cock 280 mm, internal diameter 251 mm, max height above the plate 195 mm.

Not suitable for organic solvents.

For use with the manual or R&G electric vacuum pump (please order separately).

Order no. 390 104-1

VAKUUM-HANDPUMPE

Selbstschmierend und weitgehend korrosionsbeständig. Mit Manometer und Belüftungsventil, passend für den R&G Exsikkator.

Bestell.-Nr. 390 104-2



Self-lubricating and corrosion-resistant to a great extent. With pressure gauge and ventilation valve, suitable for the R&G desiccator.

Order no. 390 104-2

MODELLIERMASSE A

Beschreibung

- Keine Inhibierung der Härtung
- Dauerelastisch, leicht zu verarbeiten, mehrfach verwendbar

Anwendungsgebiet

Zum Abdichten von Trennfugen und Modellieren kleiner Urmodelle etc. die mit additionsvernetzenden Siliconkautschuken wie z.B. ELASTOSIL® M 4601 und 4644 abgeformt werden sollen. Im Gegensatz zu herkömmlichem Plastillin hat diese Modelliermasse keinen störenden Einfluß auf die Vernetzung des Silicons.

Verarbeitung

Vor der Verarbeitung in der Hand durchkneten, damit die Masse geschmeidig wird.

Lagerung

Modelliermasse A besitzt eine Lagerbeständigkeit von mehreren Jahren, sofern die Behälter dicht geschlossen zwischen 5 und 30 °C gelagert werden.

Packungsgröße 1 kg
Bestell.-Nr. 310 105-1



MODELLING COMPOUND A

Description

- Does not inhibit curing
- Permanently elastic, processes easily, reusable

Range of applications

For sealing parting lines and modelling smaller-scale master patterns, etc., for moulds of addition-curing silicone rubbers such as e.g. ELASTOSIL® M 4601 and 4644. In contrast to conventional plasticine, this modelling compound has no disruptive effect on the progress of cross-linking in the silicone.

Processing

Before processing, knead the compound thoroughly in one hand until it becomes workable.

Storage

Modelling compound A has a shelf life of several years provided that the packing drum is stored in the tightly sealed state at a temperature between 5 and 30 °C.

Packaging size 1 kg
Order no. 310 105-1

KAPITEL 7

CHAPTER 7

INHALT

CONTENTS

S. 7.04 Grundierwachs
S. 7.05 Folientrennmittel PVA
S. 7.06 Formula Five®
S. 7.08 Partall® Hi-Temp-Wax
S. 7.09 Trennspray
S. 7.10 Lösemittel
Lico-Clean

S. 7.04 Priming wax
S. 7.05 Film release agent PVA
S. 7.06 Formula five®
S. 7.08 Partall® hi-temp-wax
S. 7.09 Release spray
S. 7.10 Solvent
Lico-clean

TRENNMITTEL, LÖSE- UND REINIGUNGSMITTEL
RELEASE AGENTS, SOLVENT AND CLEANING AGENTS

Lieferbare Produkte

■ **Grundierwachs + Folientrennmittel PVA**

Wird immer in Kombination verwendet. Absolut sichere Trennwirkung, glänzende Oberfläche, leichte Pinselfrische und Staubeinschlüsse sind jedoch möglich.

■ **Formula Five® Reinigungs- und Poliercreme Clean 'N' Glaze + Formula Five® Mold Release Wax (Trennpaste)**

Wird in Kombination verwendet. Sichere Trennwirkung, hochglänzende Oberfläche.

■ **Partall® Hi-Temp-Wax**

Wird alleine in gut gereinigten Formen eingesetzt, wenn bei hohen Temperaturen warmgehärtet wird. Beständig bis ca. 180 °C.

■ **Trennspray**

Wird alleine in gut gereinigten Formen eingesetzt, relativ dicker Auftrag in mehreren Schichten möglich. Trocknet mit matter Oberfläche.

Available products

■ **Priming wax + film release agent PVA**

Always used in combination. Absolutely reliable release effect, glossy surface, but slight brush marks and dust inclusions are possible.

■ **Formula Five® cleaning and polishing cream Clean 'N' Glaze + Formula Five® Mold Release Wax (release paste)**

Used in combination. Reliable parting effect, high-gloss surface.

■ **Partall® Hi-Temp Wax**

Used alone in thoroughly cleaned moulds when hot curing takes place at high temperatures. Resistant to approx. 180 °C.

■ **Release spray**

Used alone in thoroughly cleaned moulds, several applications of relatively thick coats are possible. Dries to form a matt surface.

	Grundierwachs <i>Priming wax</i>	Folientrennmittel <i>Film release agent</i>	Trennspray <i>Release spray</i>	Formula Five® Reinigungs- und Poliercreme <i>Formula Five® cleaning and polishing cream</i>	Formula Five® Trennpaste <i>Formula Five® release paste</i>	Partall® Hi-Temp-Wax <i>Partall® Hi-Temp-Wax</i>
Lieferform <i>Delivered state</i>	fließfähige Paste <i>flowable paste</i>	flüssig <i>liquid</i>	flüssig <i>liquid</i>	fließfähige Paste <i>flowable paste</i>	pastös <i>pasty</i>	pastös <i>pasty</i>
Aussehen <i>Appearance</i>	weiß-gelb, trübe <i>whitish yellow, dull</i>	farblos <i>colourless</i>	weiß-trübe <i>dull white</i>	braun <i>brown</i>	gelb-braun <i>yellowish brown</i>	weiß-braun <i>whitish brown</i>
Verarbeitung <i>Processing</i>	mit Lappen auftragen, innerhalb von 10 Minuten nachreiben (nicht auspolieren!) <i>apply with a cloth, rub the whole surface before 10 minutes have passed (but not to a polish!).</i>	einschichtig mit Moltoprenschwämmchen auftragen oder spritzen, trocknen lassen <i>apply a single coat with a small Moltopren sponge or spray, leave to dry.</i>	aufsprühen, dann innerhalb von 10 Minuten polieren <i>spray on, then polish before 10 minutes have passed.</i>	mit Lappen auftragen, sofort glänzend auspolieren <i>apply with a cloth, then immediately polish to a glossy finish.</i>	mit Lappen auftragen, nach 10 - 12 Minuten glänzend auspolieren <i>apply with a cloth, after 10-12 minutes polish to a glossy finish.</i>	mit Lappen auftragen, nach 1 Minute glänzend auspolieren! <i>apply with a cloth, after one minute polish to a glossy finish.</i>
Verbrauch/m ² <i>Consumption per m²</i>	ca. 20 g <i>approx. 20 g</i>	ca. 60 g <i>approx. 60 g</i>	ca. 70 g <i>approx. 70 g</i>	ca. 30 g <i>approx. 30 g</i>	ca. 16 g <i>approx. 16 g</i>	ca. 10 g <i>approx. 10 g</i>
Trockenzeit bei 20 °C und 60 - 70 % rel. Luftfeuchte <i>Drying time at 20 °C and 60-70% relative humidity</i>	ca. 5 Minuten <i>approx. 5 minutes</i>	ca. 15 Minuten <i>approx. 15 minutes</i>	ca. 5 Minuten <i>approx. 5 minutes</i>	ca. 5 Minuten <i>approx. 5 minutes</i>	ca. 10 - 12 Minuten <i>approx. 10-12 minutes</i>	ca. 1 Minute <i>approx. 1 minute</i>
Löslich in <i>Soluble in</i>	Testbenzin <i>white spirit</i>	Wasser <i>water</i>	Testbenzin <i>white spirit</i>	Testbenzin <i>white spirit</i>	Testbenzin <i>white spirit</i>	Testbenzin <i>white spirit</i>
Verarbeitungstemp. <i>Processing temp.</i>	15 - 30 °C	15 - 30 °C	15 - 30 °C	15 - 30 °C	15 - 30 °C	15 - 30 °C
Einsatztemperatur <i>Working temperature</i>	bis ca. 100 °C <i>up to approx. 100 °C</i>	bis ca. 100 °C <i>up to approx. 100 °C</i>	bis ca. 120 °C <i>up to approx. 120 °C</i>	bis ca. 100 °C <i>up to approx. 100 °C</i>	bis ca. 100 °C <i>up to approx. 100 °C</i>	bis ca. 180 °C <i>up to approx. 180 °C</i>

7.02

Was sind Trennmittel

Trennmittel sind flüssige oder pastöse Produkte, die eine Haftung zwischen zwei Materialien verhindern. Für die Abformung von Bauteilen aus Kunststoff- und Metallformen werden hauptsächlich Wachstrennmittel oder Kombinationen aus Wachstrennmittel (Grundierwachs) und Folientrennmittel verwendet.

Schuhcreme, Bohnerwachs, Autopolitur u.ä. sind als Trennmittel nicht geeignet!

Verarbeitungsempfehlung

- **Behälter gut schütteln (bei flüssigen Produkten)**
- vor dem Auftrag **ölige und fettige Rückstände** (z.B. verursacht durch Autopolitur, Bohnerwachs, Schuhcreme u.ä.) mit **Lösemittel/feiner Stahlwolle entfernen**.
- **Temperatur beachten** (Formoberfläche + Trennmittel ca. 20 °C)
- **Polieren** von Wachsen **nur mit Baumwollappen**, keine Kunstfasern oder Papiertücher
- **Neue Formen mehrfach einwachsen** (siehe Empfehlung zu den Produkten)

Der Untergrund

Trennmittel dürfen nur auf sauberen, also öl- und fettfreien Untergründen verwendet werden. Wird dieser Hinweis mißachtet, reißt sich der Wachsfilm beim Polieren praktisch vollständig aus, da er auf einem Ölfilm schwimmt.

Ebenso ungeeignet sind saugende Untergründe wie Schaumstoffe, Holz, Gips und andere. Diese Werkstoffe müssen vorher versiegelt und gegebenenfalls lackiert werden.

Besonders gut eignet sich eine GFK-Beschichtung aus Glasgewebe 80 - 163 g/m² und Epoxydharz oder UP-Vorgelat.

Lackierte Oberflächen, z.B. bei Urmodellen (Kfz-Teile etc.) lassen sich grundsätzlich mit allen R&G Trennmitteln abformen. Voraussetzung ist jedoch eine ausreichende Beständigkeit des Lackes gegen die Lösemittel im Trennmittel. Bei geringer Chemikalienfestigkeit können die Lösemittel in den Lack "einwandern" und eine saubere Trennung verhindern. Der Lack haftet meist fest in der Form und das Urmodell wird beschädigt. Ohne Ausschleifen sind die Formen nicht zu gebrauchen.

Allgemein haben sich **2-Komponenten-Lacke** (Polyurethan, Epoxyd- oder Acryl-Basis) am besten bewährt. Vorversuche (Probeabformungen) sind zu empfehlen.

Trennen der Formen

Der beste Weg zum Trennen von Bauteil und Form hängt von der Formgröße und Bauteilgestaltung ab. In den meisten Fällen läßt sich das Bauteil leicht entnehmen, wenn es zuvor an den Kanten von der Form gelöst wurde. Druckluft zwischen Form und Bauteil kann das Lösen ebenfalls erleichtern.

Sehr dicke, große Teile lösen sich leichter, wenn man mit einem Gummihammer auf Bauteil und Form klopft.

Aus einer gut eingearbeiteten Form fallen die Teile „fast von alleine“ heraus.

Formenreinigung

Nach zahlreichen Wachseinsätzen kann das Trennmittel in der Form aufbauen. Zwar wird dies weitgehend schon dadurch vermieden, daß sich die jeweils vorherige Schicht beim Neuauftrag auflöst, doch spätestens nach einigen hundert Anwendungen ist eine Totalreinigung angebracht. Die verhärteten Schichten werden am einfachsten mit feiner Stahlwolle und warmem Wasser ausgeschliffen.

Die matte Formoberfläche kann anschließend mit R&G Glanzwachs und einer Schwabbelscheibe auf Hochglanz poliert werden.

What are release agents?

Release agents are liquid or pasty products that prevent two materials from adhering to each other. In most cases, wax release agents or combinations of a wax release agent (priming wax) and film release agent are used to facilitate the extraction of components from plastic and metal moulds.

Shoe polish, floor polish, finish restorers for automobiles, or similar substances are not suitable as release agents.

Recommended processing

- **Shake the container thoroughly (for liquid products).**
- Before applying, **remove all oily and greasy residue** (e.g. from finisher restorers, floor polish, shoe polish, etc.) with **a solvent or fine steel wool**.
- Note the temperature (mould surface and release agent approx. 20 °C).
- Use **only cotton cloths**, and not manmade fibres or paper towels, **to polish** waxes.
- **Apply several coats of wax to new moulds** (see the recommendations provided with the products).

The base surface

Release agents must be used only on clean base surfaces, i.e. free of oil and grease. If this condition is not observed, the oil film beneath the wax coat practically causes it to detach from the surface when it is polished.

Also unsuitable are absorbent base surfaces such as foams, wood, plaster, and similar materials. These must be sealed and, if necessary, varnished beforehand.

One ideal material is a GRP coating of 80–163 g/m² glass fabric and epoxy resin or UP pre-gel.

Varnished surfaces, e.g. on master patterns (automobile parts), are suitable for all R&G release agents. However, the varnish must exhibit an adequate resistance to the solvents in the release agent. If the chemical resistance is too low, then the solvents could migrate into the varnish and prevent a clean release process. In addition, the varnish sticks firmly to the mould, and there is damage to the master pattern. The moulds are useless if they cannot be ground clean.

Generally, the best results have been obtained with **two-component varnishes** (epoxy- or acrylic-based polyurethane). Preliminary tests (trial demouldings) are recommended.

Demoulding

The best procedure for releasing the component from the mould depends on the size of the mould and the component design. In most cases, the component can be easily removed when it has been detached from the edges of the mould beforehand. This process is made easier by the introduction of compressed air between the mould and the component. Very thick and large parts can be detached more easily when the component and mould are first struck a number of times with a rubber mallet. If the mould has been prepared properly beforehand, the components should drop out more or less by themselves.

Cleaning moulds

After a large number of wax applications, there may be a build-up of release agent in the mould. The tendency of the coat applied previously to dissolve into the next means that this build-up is suppressed to a large extent, nevertheless thorough cleaning becomes advisable at the latest after several hundred applications. The hardened coats are best ground out with fine steel wool and hot water.

The matt mould surface can finally be polished with R&G high-gloss wax applied with a buffing wheel.

GRUNDIERWACHS

Beschreibung

- **Hochwirksame Wachsgrundierung für schlecht benetzbare Untergründe.**
- **Siliconfrei**

Verarbeitung

In Siliconformen wird Grundierwachs alleine, in **GFK-Formen** in Verbindung **mit Folientrennmittel PVA** eingesetzt. PVA trocknet auf dieser Grundierung ohne die manchmal auftretenden Fehlstellen (Augen und Pinselstriche).

Das Grundierwachs wird mit einem weichen Baumwolltuch (an schlecht zugänglichen Stellen mit einem Pinsel) dünn und gleichmäßig aufgetragen.

Eine Glanzpolitur ist nicht möglich und auch nicht erforderlich, da das nachfolgende Folientrennmittel hochglänzend aufdrocknet.

Lagerung

In ungeöffneten Originalgebinden ca. 6 Monate.

Packungsgrößen von 0,25 - 10 Liter
Bestell-Nr. 165 115-X

PRIMING WAX

Description

- **Highly efficient priming wax for base surfaces with low wetting properties.**
- **Silicone-free.**

Processing

Priming wax is used alone in silicone moulds and combined **with film release agent PVA in GRP moulds**. PVA dries on this priming coat without giving rise to the voids that sometimes occur (bubbles or brush marks).

A thin and uniform coat of priming wax is applied with a soft cotton cloth (or a brush at sites difficult to access). Polishing to a gloss is neither possible nor required: the following film release agent dries to form a high-gloss surface.

Storage

Approx. six months in the unopened original packaging.

Packaging sizes from 0.25 to 10 l
Order no. 165 115-X



Triathlon-Fahrrad aus Kohlefaser/Epoxydharz
(Karl Bodenhöfer, Waltenhofen)

Triathlon bicycle of carbon-fibre reinforced epoxy resin
(Karl Bodenhöfer, Waltenhofen)

FOLIENFREIHALTMITTEL PVA

Beschreibung

- **Einfach zu handhabendes und sicheres Trennmittel für Epoxyd- und Polyesterharze bei Härtungstemperaturen bis max. 100 °C.**
- **Siliconfrei**

Verarbeitung

Reste in der Form und am Bauteil sind wasserlöslich und werden einfach abgewaschen. PVA wird nach jeder Entformung einschichtig neu aufgetragen. Für optimale Oberflächen empfehlen wir die **Kombination mit Grundierwachs**.

Neue Formen folgendermaßen vorbereiten:

- 1.) Grundierwachs in 3 - 5 Schichten auftragen und jeweils nach wenigen Minuten mit einem Baumwolltuch nachreiben.
- 2.) Form einige Stunden oder über Nacht in einem temperierten Raum lagern, damit die Lösemittel verdunsten können.
- 3.) PVA mit Trennlackpinsel / Moltoprenschwamm oder sehr feinem Haarpinsel auftragen oder, in der spritzfähigen Einstellung, mit einer Airbrush aufbringen.

Bei **gebrauchten Formen** wird Grundierwachs nicht mehr nach jeder Entformung aufgetragen. Die Formen werden jeweils gründlich mit Wasser gereinigt und nach dem Trocknen mit einem neuen PVA-Auftrag versehen.

Folienfreihaltmittel ist in den Einstellungen **streichfähig** und **spritzfähig** lieferbar. Das spritzfähige PVA wird mit einer Airbrush oder Lackierpistole mit oben- oder untenliegendem Behälter verarbeitet. Wir empfehlen eine Düse von 0,5 mm und einen Druck von 0,8 bar.

Lagerung

In ungeöffneten Originalgebinden ca. 6 Monate. Die Farbe kann sich durch längere UV-Einstrahlung verändern, die Qualität bleibt davon jedoch unbeeinflusst.

Packungsgrößen von 0,25 - 30 Liter
Bestell-Nr. 165 110-X

FILM RELEASE AGENT PVA

Description

- **Easy-to-use and safe release agent for epoxy and polyester resins with max curing temperatures of 100 °C.**
- **Silicone-free.**

Processing

Any residue in the mould and on the component dissolves in water and is simply washed off. One coat of PVA is applied after each and every demoulding. For the optimal surfaces we recommend the combination with priming wax.

New moulds must be prepared as follows.

- 1.) Apply three to five coats of priming wax, rubbing each layer with a cotton cloth after a few minutes.
- 2.) Place the mould for a number of hours or overnight in a heated room so that the solvent can evaporate.
- 3.) Apply PVA with a release varnish brush and Moltopren sponge or with a very fine hair brush or, if it is suitable for spraying, with an airbrush.



*Priming wax is no longer applied after every **demoulding from used moulds**. Instead, the moulds are thoroughly cleaned with water and after drying are provided with a fresh coat of PVA.*

*Film release agent is available as formulations for **both brushed and sprayed applications**. PVA for sprayed applications is processed with an airbrush or spray gun with top- or bottom-mounted reservoir. We recommend a 0.5 mm nozzle and a pressure of 0.8 bar.*

Storage

Approx. six months in the unopened original packaging. Longer exposure to UV radiation can cause discolouring, but the quality remains unaffected.

Packaging sizes from 0.25 to 30 l
Order no. 165 110-X

FORMULA FIVE®

REINIGUNGS- UND POLIERCREME CLEAN 'N GLAZE

Beschreibung

- **Milde Polierpaste zur Vorbereitung von Formen für den Einsatz von Formula Five® Mold Release Wax (Trennpaste).**
- **Siliconfrei**

Das Formula Five® Clean 'N Glaze ist ein mildes Poliermittel, das behutsam **Ablagerungen und Rückstände** wegpoliert und dabei hilft, die Nutzungsdauer einer Form zu verlängern. Feine Kratzer und Oberflächenschleier werden entfernt, während eine dauerhafte Hochglanzbasis für das Trennwachs geschaffen wird.

Die Kombination von Formula Five® Clean 'N Glaze und Formula Five Mold Release Wax ergibt **hochglänzende GFK-Formoberflächen** sowie eine **optimale Entformung**. Die Reinigungs- und Poliercreme wird aber **nie alleine** eingesetzt, sondern als Teil eines mehrschichtigen Ablaufverfahrens in Verbindung mit Formula Five.

Formoberfläche

Die Form sollte vollständig getrocknet, sauber und weitestgehend frei von Resten anderer Trennmittel sein. Alle Formula Five®-Produkte sind nur für **dichte, geschlossene Oberflächen** wie z.B. GFK (Formenharze, Gelcoats etc.) geeignet. Poröse Oberflächen wie z.B. Holz und Stein müssen vor der Abformung versiegelt werden (z.B. mit G4-Haftgrund R&G Bestell-Nr. 147 100-1).

Anwendung

Das Produkt wird mit einem weichen Baumwolltuch in kreisenden Bewegungen dünn auf die Oberfläche aufgetragen. Nur ca. 0,5 m² in einem Arbeitsgang auftragen und überschüssiges Mittel mit einem sauberen, trockenen Tuch abwischen. Dann von Hand oder mittels Schwabbeln (weiche Qualität wie z.B. R&G Standard-Schwabbel und R&G Profi-Schwabbel) glänzend auspolieren. Sollten noch geringe Rückstände auf der glänzenden Oberfläche verbleiben, können diese von Hand mit einem feuchten Baumwolltuch entfernt werden.

Nach Abschluss des Poliervorgangs wird das **Formula Five® Mold Release Wax** gemäß Anleitung auf die Formoberfläche aufgebracht. Gelegentliches, erneutes Auftragen des Formula Five® Clean 'N Glaze sorgt für eine problemfreie Form.

Entformen

Die optimale Methode zum Ablösen des Formteils von der Form richtet sich nach der Größe und der Formgebung. Meistens kann das Bauteil aus der Form gehoben werden, nachdem es um den Rand herum etwas gelöst wurde. Es kann auch hilfreich sein, wenn man zwischen das Formteil und die Form Druckluft bläst. Bei großen, gebogenen Teilen ist es u.U. notwendig, die Oberfläche zunächst mit einem Gummihammer abzuklopfen. Mit einem starken Luftstrahl können starre, unelastische Teile abgelöst werden. Eine gut vorbehandelte Form stellt sicher, dass sich die Teile einfach herauslösen lassen. Die regelmäßige Anwendung des Formula Five® Clean 'N Glaze vermeidet Trennprobleme und ermöglicht effizientere Produktionsabläufe.

Die Formula Five®-Produkte werden in den USA von Rexco hergestellt. Import, Lieferung und Service durch R&G.

Packungsgröße 0,95 l Flasche
Bestell-Nr. 315 080-2

7.06

FORMULA FIVE®

CLEANING AND POLISHING CREAM CLEAN 'N GLAZE

Description

- **Mild polishing paste for preparing moulds for the application of Formula Five® Mold Release Wax (release paste).**
- **Silicone-free.**

Formula Five® Clean 'N Glaze is a mild polishing agent that gently polishes off **deposits and residue**, and so contributes towards extending the service life of the mould. Fine scratches and surface films are removed, and a permanent high-gloss base is created for the release wax.

The combination of Formula Five® Clean 'N Glaze and Formula Five® Mold Release Wax not only gives rise to **high-gloss GRP mould surfaces**, it also facilitates the **optimal demoulding**. The cleaning and polishing cream, however, is never used alone, but only in combination with Formula Five® as part of a multi-layer series of operations.

Mould surface

The mould should be completely dry, clean, and free to the maximum possible extent of any residue caused by other release agents. All Formula Five® products are suitable only for **tight, closed surfaces**, e.g. of GRP (moulded resins, gel coats, etc.). Porous surfaces, e.g. wood or stone, must be sealed before they are used as moulds (e.g. with G4 wash primer, R&G order no. 147 100-1).

Application

A thin coat of the product is applied to the surface in a circular motion with a soft cotton cloth. Apply to a surface of only about 0.5 m² per working cycle, and wipe off any excess with a clean, dry cloth. Then polish to a high gloss by hand or with a soft-quality buffing wheel (R&G standard buffer or R&G professional buffer). If the glossy surface should still exhibit some slight residue, this can be removed by hand with a moist cotton cloth.

After the polishing process, **Formula Five® Mold Release Wax** is applied to the surface of the mould in accordance with the instructions. An occasional, repeated application of Formula Five® Clean 'N Glaze makes sure that demoulding takes place without problems.

Demoulding

The optimal method adopted for detaching the moulded part from the mould depends on the size and geometry. In most cases the component can be lifted out of the mould once it has been loosened a little around the edge. Introducing compressed air between the component and the mould can also prove helpful. In the case of large, curved parts, it may become necessary at first to strike the surface a few times with a rubber mallet. Rigid, inelastic parts can be detached with a powerful jet of air. A mould that has been prepared well should demould parts without any problems. Applying Formula Five Clean 'N Glaze on a regular basis prevents release problems and enhances the efficiency of production processes.

Formula Five® products are manufactured in the USA by Rexco. R&G is the authorised importer, supplier, and service provider.

Packaging size 0.95 l bottle
Order no. 315 080-2



FORMULA FIVE®

TRENNPASTE MOLD-RELEASE WAX

Beschreibung

- **Universelles Trennmittel aus Carnauba-Hartwachs mit modernen synthetischen Wachsen**
- **Siliconhaltig**

Das Formula Five® Mold Release Wax ist ein Universaltrennmittel, das eine Mischung von Carnaubawachsen den dauerhaftesten Schutz, den die Natur zu bieten hat - mit modernen Polymeren und speziellen Kohlenwasserstoffwachsen enthält. Es enthält eine geringe Menge Silicon, um das Auftragen und Hochglanzpolieren zu vereinfachen und mehrere Trennvorgänge zu ermöglichen. Zur Vorbereitung der Form empfehlen wir, dieses Produkt zusammen mit der Formula Five® Clean 'N Glaze einzusetzen.



Formoberfläche

Die Form sollte vollständig getrocknet, sauber und weitestgehend frei von Resten anderer Trennmittel sein. Alle Formula Five®-Produkte sind nur für **dichte, geschlossene Oberflächen** wie z.B. GFK (Formenharze, Gelcoats etc.) geeignet. Poröse Oberflächen wie z.B. Holz und Stein müssen vor der Abformung versiegelt werden (z.B. mit G4-Haftgrund R&G Bestell-Nr. 147 100-1).

Anwendung

Das Produkt wird mit einem weichen Baumwolltuch in kreisenden Bewegungen dünn auf die mit Formula Five® Clean 'N Glaze vorbehandelte Oberfläche aufgetragen. Nach kurzer Trockenzeit (ca. 10 - 12 Minuten nach dem Auftragen) wird mit einem trockenen, sauberen Baumwolltuch auspoliert.

Bitte beachten Sie: Wenn sich der Wachsfilm zu leicht abtragen lässt, wurde nicht lange genug gewartet! Trockenzeit daher unbedingt einhalten. Poliert wird bis zum Hochglanz. Die Formoberfläche soll einen gleichmäßigen, schlierenfreien Glanz aufweisen.

Neue Formen werden **vor der ersten Entformung** mit zwei bis drei Schichten Formula Five® Mold Release Wax vorbehandelt. Jede Schicht sollte mit einer anderen Polierbewegung aufgebracht werden (z.B. oben-unten, links-rechts, kreisende Bewegung). Nach jeder Entformung wird Formula Five® neu aufgetragen, bis die Formen gut eingearbeitet sind. Später sind Mehrfachentformungen mit einem Trennmittelauftrag möglich. Warten Sie mindestens eine Stunde nach dem Auftragen der letzten Wachsschicht, bevor Sie mit dem Abformen beginnen.

Entformen

Die optimale Methode zum Ablösen des Formteils von der Form richtet sich nach der Größe und der Formgebung. Meistens kann das Bauteil aus der Form gehoben werden, nachdem es um den Rand herum etwas gelöst wurde. Es kann auch hilfreich sein, wenn man zwischen das Formteil und die Form Druckluft bläst. Bei großen, gebogenen Teilen ist es u.U. notwendig, die Oberfläche zunächst mit einem Gummihammer abzuklopfen. Mit einem starken Luftstrahl können starre, unelastische Teile abgelöst werden. Eine gut vorbehandelte Form stellt sicher, dass sich die Teile einfach herauslösen lassen. Die regelmäßige Anwendung des Formula Five® Clean 'N Glaze vermeidet Trennprobleme und ermöglicht effizientere Produktionsabläufe.

Silicon

Formula Five Mold Release Wax enthält eine **geringe Menge Silicon**, um das Auftragen und Hochglanzpolieren zu vereinfachen und mehrere Trennvorgänge zu ermöglichen.

Beim Auftrag von **Deckschichten**, vor allem wenn diese sehr dünn ausgestrichen werden, kann es vorkommen, daß sich Augen bilden. In diesem Fall sollte bei Gellierbeginn nochmals eine dünne Schicht Deckschichtharz aufgetragen werden. Die Bauteile sollte vor dem Lackieren mit sehr feinem Naßschleifpapier (> Korn 500) angeschliffen werden.

Die Formula Five®-Produkte werden in den USA von Rexco hergestellt. Import, Lieferung und Service durch R&G.

Packungsgröße 454 g-Dose
Bestell-Nr. 165 125-1

FORMULA FIVE®

RELEASE PASTE MOLD RELEASE WAX

Description

- **Universal release agent of carnauba wax with modern synthetic waxes.**
- **Contains silicone.**

Formula Five® Mold Release Wax is a universal release agent combining carnauba wax, the most enduring protection nature has to offer, with modern polymers and special hydrocarbon waxes. It also contains a small quantity of silicone to simplify the application and high-gloss polishing and to facilitate repeated release processes.

For preparing the mould we recommend using this product together with Formula Five® Clean 'N Glaze.

Mould surface

The mould should be completely dry, clean, and free to the maximum possible extent of any residue caused by other release agents. All Formula Five® products are suitable only for **tight, closed surfaces**, e.g. of GRP (mould resins, gel coats, etc.). Porous surfaces, e.g. wood or stone, must be sealed before they are used as moulds (e.g. with G4 wash primer, R&G order no. 147 100-1).

Application

A thin coat of the product is applied in a circular motion with a soft cotton cloth to the surface prepared previously with Formula Five® Clean 'N Glaze. After a short drying time (approx. 10-12 minutes after being applied), the surface is polished with a dry, clean cotton cloth.

Please bear in mind that if it is too easy to polish away the wax film, then you have not waited long enough! It is imperative that the drying time is strictly observed.

The mould surface is polished until it adopts a uniform high gloss free of filming. Before demoulding **for the first time, new moulds** are pretreated with two to three coats of Formula Five® Mold Release Wax. Each coat should be applied with a different set of polishing movements (e.g. top to bottom, left to right, circular motion). After each demoulding process, a fresh coat of Formula Five® is applied until the moulds are well incorporated. Later, several demouldings are possible with the one application of release agent.

Wait at least an hour after applying the last wax coat before you start demoulding.

Demoulding

The optimal method adopted for detaching the moulded part from the mould depends on the size and geometry. In most cases the component can be lifted out of the mould once it has been loosened a little around the edge. Introducing compressed air between the component and the mould can also prove helpful. In the case of large, curved parts, it may become necessary at first to strike the surface a few times with a rubber mallet. Rigid, inelastic parts can be detached with a powerful jet of air. A mould that has been prepared well should demould parts without any problems. Applying Formula Five® Clean 'N Glaze on a regular basis prevents release problems and enhances the efficiency of production processes.

Silicone

Formula Five® Mold Release Wax contains a **small amount of silicone** in order to simplify the application and high-gloss polishing and to facilitate repeated release processes.

When **overlays** are applied, and especially when they are thinned out, it has been known for bubbles to form. In this event, a second thin coat of overlay resin should be applied as soon as gelling starts.

Before varnishing work, the components should be slightly ground with a very fine wet abrasive paper (grain size > 500).

Formula Five® products are manufactured in the USA by Rexco. R&G is the authorised importer, supplier, and service provider.

Packaging size 454 g can
Order no. 165 125-1

PARTALL® HI-TEMP-WAX

Beschreibung

- **Hochwärmefestes Trennmittel für Abformungen bis ca. 180 °C.**
- **Siliconfrei**

Partall Hi-Temp-Wax ist ein hochwärmefestes Trennmittel aus modernen synthetischen, mikrokristallinen Wachsen und Teflon® (Polytetrafluorethylen). Es ist vor allem für Hochtemperatur-Anwendungen bis 180 °C geeignet.



Formoberfläche

Die Form sollte vollständig getrocknet, sauber und frei von Resten anderer Trennmittel, insbesondere siliconhaltiger Produkte sein. Alle Formula Five®-Produkte sind nur für **dichte, geschlossene Oberflächen** wie z.B. GFK (Formenharze, Gelcoats etc.) geeignet. Poröse Oberflächen wie z.B. Holz und Stein müssen vor der Abformung versiegelt werden (z.B. mit G4-Haftgrund R&G Bestell-Nr. 147 100-1).

Anwendung

Das Produkt wird mit einem weichen Baumwolltuch in kreisenden Bewegungen dünn auf die Oberfläche aufgetragen. Überschüssiges Material wird mit einem sauberen Tuch weggenommen. Nach sehr kurzer Trockenzeit (ca. 1 Minute nach dem Auftragen) wird mit einem trockenen, sauberen Baumwolltuch auspoliert. Poliert wird bis zum Hochglanz. Die Formoberfläche soll einen gleichmäßigen, schlierenfreien Glanz aufweisen.

Eine maschinelle Politur mit Schwabbeln (weiche Qualität wie z.B. R&G Standard-Schwabbel und R&G Profi-Schwabbel) ist möglich. Dabei darf jedoch nicht zulange auf einer Stelle poliert werden, um eine zu starke Erwärmung und ein vollständiges Abtragen des Trennmittels zu verhindern! Die Oberfläche sollte bis zum Hochglanz poliert werden.

Neue Formen werden **vor der ersten Entformung** mit drei bis vier Schichten Partall® Hi-Temp-Wax vorbehandelt. Jede Schicht sollte mit einer anderen Polierbewegung aufgebracht werden (z.B. oben-unten, links-rechts, kreisende Bewegung). Nach jeder Entformung wird Partall Hi-Temp-Wax neu aufgetragen, bis die Formen gut eingearbeitet sind. Später sind Mehrfachentformungen mit einem Trennmittelauftrag möglich.

Entformen

Die optimale Methode zum Ablösen des Formteils von der Form richtet sich nach der Größe und der Formgebung. Meistens kann das Bauteil aus der Form gehoben werden, nachdem es um den Rand herum etwas gelöst wurde. Es kann auch hilfreich sein, wenn man zwischen das Formteil und die Form Druckluft bläst. Bei großen, gebogenen Teilen ist es u.U. notwendig, die Oberfläche zunächst mit einem Gummihammer abzuklopfen. Mit einem starken Luftstrahl können starre, unelastische Teile abgelöst werden. Eine gut vorbehandelte Form stellt sicher, dass sich die Teile einfach herauslösen lassen.

Partall® wird in den USA von Rexco hergestellt.
Import, Lieferung und Service durch R&G.

Packungsgröße 454 g-Dose
Bestell-Nr. 165 130-1

Partall® Hi-Temp-Wax ist ein Produkt für den professionellen Einsatz. Bei der Anwendung ist eine sorgfältige Verarbeitung erforderlich, um die gewünschte Trennwirkung zu erzielen!

7.08

PARTALL® HI-TEMP-WAX

Description

- **High-temp. release agent for demouldings up to approx. 180 °C.**
- **Silicone-free.**

Partall® Hi-Temp Wax is a high-temperature release agent made up of modern synthetic, microcrystalline waxes and Teflon® (polytetrafluoroethylene). It is particularly suitable for high-temperature applications up to 180 °C.

Mould surface

The mould should be completely dry, clean, and free to the maximum possible extent of any residue caused by other release agents, in particular products containing silicone. All Formula Five® products are suitable only for **tight, closed surfaces**, e.g. of GRP (mould resins, gel coats, etc.). Porous surfaces, e.g. wood or stone, must be sealed before they are used as moulds (e.g. with G4 wash primer, R&G order no. 147 100-1).

Application

A thin coat of the product is applied to the surface in a circular motion with a soft cotton cloth. Any excess is removed with a clean cloth. After a short drying time (approx. 1 minute after being applied), the mould surface is polished with a dry, clean cotton cloth until it adopts a uniform high gloss free of filming.

It is also possible to polish the surface with powered soft-quality buffing wheels (R&G standard buffer or R&G professional buffer). In this case, however, polishing must not be prolonged at any one site, otherwise the release agent could overheat, completely detaching from the surface as a result. The surface should be polished to a high gloss.

Before demoulding **for the first time, new moulds** are pretreated with three to four coats of Partall® Hi-Temp Wax. Each coat should be applied with a different set of polishing movements (e.g. top to bottom, left to right, circular motion). After each demoulding process, a fresh coat of Partall® Hi-Temp Wax is applied until the moulds are well incorporated. Later, several demouldings are possible with the one application of release agent.

Demoulding

The optimal method adopted for detaching the moulded part from the mould depends on the size and geometry. In most cases the component can be lifted out of the mould once it has been loosened a little around the edge. Introducing compressed air between the component and the mould can also prove helpful. In the case of large, curved parts, it may become necessary at first to strike the surface a few times with a rubber mallet. Rigid, inelastic parts can be detached with a powerful jet of air. A mould that has been prepared well should demould parts without any problems.

Partall® products are manufactured in the USA by Rexco.
R&G is the authorised importer, supplier, and service provider.

Packaging size 454 g can
Order no. 165 130-1

Partall® Hi-Temp Wax is a product for professional applications.
For the perfect release effect, the product must be processed with the due care.

TRENNSPRAY

Beschreibung

- Leicht polierbares, weiches Trennwachs für Epoxyd- und Polyesterharze bei Härtungstemperaturen bis max. 120 °C.
- Der feine Sprühnebel erleichtert den Auftrag in komplizierten, verwinkelten Formen.
- FCKW-frei

Anwendungsgebiet

Geeignete Untergründe: praktisch alle glatten Oberflächen wie Kunststoff (GFK), Metall und Glas, aber auch poröse und saugende Materialien wie Holz, Gips und Formkeramik, wenn mehrfach satt aufgetragen wird. Allerdings lassen sich saugende Oberflächen nur schwer abformen, wenn das Harz in die Poren fließen und sich mechanisch verankern kann.

Trennspray lässt sich durch mehrfaches Aufsprühen ohne Zwischenpolitur auch als Gleitschicht einsetzen. Diese ist z.B. beim Herstellen gewickelter Bauteile wie zylindrischer Rohre erforderlich, um die Wickelkerne wieder ausziehen zu können.

Verarbeitung

Dose vor der Verarbeitung gut schütteln. Aufsprühen aus einem Abstand von 20 - 30 cm. An schwer erreichbaren Stellen kann auch kurzfristig in Schräglage oder Überkopf gesprüht werden.

Neue Formen werden 2 - 3 mal behandelt, wobei jede Schicht gleich nach dem Auftragen von Hand mit einem weichen Baumwolltuch poliert wird. Nach vollständiger Trocknung kann der Film nicht mehr streifenfrei poliert werden.

Eine Anwendung auf Grundierwachs ist möglich. Reste in der Form lassen sich mit Testbenzin oder mechanisch mit Stahlwolle entfernen.

Packungsgröße 400 ml
Bestell-Nr. 165 105-1

RELEASE SPRAY

Description

- Easy-to-polish, soft release wax for epoxy and polyester resins with max curing temperatures of 120 °C.
- The fine spray facilitates applications in complex, multi-angled moulds.
- CFC-free.

Range of applications

Suitable base surfaces are practically all smooth materials such as plastic (GRP), metal, and glass, but also porous and absorbent materials such as wood, plaster, and shaped ceramics – provided that several coats have been generously applied. However, absorbent surfaces prove a hindrance to the demoulding process when the resin seeps into the pores and physically anchors itself there.

Release spray can be used as an antifriction layer when it is applied over several cycles without intermediate polishing. This is necessary, for example, in the manufacture of wound components such as cylindrical tubes when the mandrels have to be extracted quickly and easily.

Processing

Shake the can well before processing. Spray from a distance of 20–30 cm. Inclined or overhead spraying operations are also possible for short periods at sites otherwise difficult to access.

New moulds are treated two to three times, whereby each coat is polished by hand with a soft cotton cloth. Once completely dried, the film can no longer be polished free of streaks.

An application on priming wax is also possible. Any residue in the mould can be removed chemically with white spirit or mechanically with steel wool.

Packaging Size 400 ml
Order no. 165 105-1



Master pattern prepared with release agent before the second half is demoulded.

Mit Trennmittel vorbehandeltes Urmodell vor dem Abformen der zweiten Hälfte

LÖSEMittel

Beschreibung

- Enthält Butylacetat 98 - 100 %.

Anwendungsgebiet

Wirksames Reinigungsmittel für Werkzeuge, die bei der Polyester- und Epoxidharzverarbeitung eingesetzt werden.

Gutes Lösungsvermögen, solange die Harze nicht ausgehärtet sind.

Im Vergleich zu chlorierten Kohlenwasserstoffen wie dem Lösemittel Methylenchlorid ist dieses Reinigungs- und Entfettungsmittel biologisch besser abbaubar, dabei aber weniger feuergefährlich, als das häufig verwendete Aceton.

Packungsgröße 1 Liter bis 30 Liter
Bestell-Nr. 130 145-X

SOLVENT

Description

- Contains 98–100 % butyl acetate.

Range of applications

Effective cleaning agent for tools used to process polyester and epoxy resins.

Good solvent power, provided that the resin has not cured.

Compared with chlorinated hydrocarbons such as the solvent methylene chloride, this cleaning and degreasing agent exhibits better biodegradability, but is less flammable than the commonly used acetones.



Packaging size 1–30 l
Order no. 130 145-X

LICO-CLEAN

Beschreibung

- Hochkonzentriertes, multifunktionales Reinigungsmittel
- pH-Wert ca. 11
- Nicht entflammbar
- Mindestens 1 Jahr lagerstabil

Lico-Clean entfettet stark und ist durch seine konzentrierte Wirkungsweise auch bei "harten" Verschmutzungen wirksam. Es ist alkalisch, schaum- und geruchsarm und entfernt Emulsionen, Fette, Öle und alle **Epoxidharz- und Härterverunreinigungen** und wirkt antibakteriell.

Anwendungsgebiet

Es eignen sich Untergründe aus Epoxidharz, PU-Harzen, PMMA (Plexiglas®), Keramik, viele Metalle (Einwirkzeit bei Aluminium max. 10 Minuten, dann mit klarem Wasser gut nachspülen). Bei lackierten Oberflächen ist ein Vorversuch erforderlich. Lico-Clean wird hauptsächlich verwendet für: Werkzeuge, Maschinen, Arbeitsflächen, Fußböden (mit 1:5 - 1:10 mit Wasser verdünnt), Felgenreinigung.

Verarbeitung

Lösung satt auftragen, einwirken lassen, schrubben oder scheuern, Schmutzlösung aufnehmen und mit klarem Wasser nachwischen.

Zusammensetzung

Enthält nichtionische Tenside, Lösevermittler, hochsiedende Gummilöser, Phosphate, Duftstoffe und Spuren von flüssigen Farbstoffen.

Es ist das beste Produkt, das wir bislang getestet haben und wird bei uns zum gründlichen Reinigen von Abfüllanlagen täglich eingesetzt.

Packungsgröße 0,5 Liter Sprühflasche und 5 Liter Kanister
Bestell-Nr. 370 200-X

LICO-CLEAN

Description

- Highly concentrated, all-purpose cleaning agent.
- pH value approx. 11.
- Non-flammable.
- Min storage stability of one year.

Lico-Clean is a highly concentrated, powerful degreasing agent that also proves effective on stubborn soiling. It is alkaline and almost odourless, develops only little foaming, and removes emulsions, greases, oils, and all soiling caused by **epoxy resins and hardeners** with antibacterial effect.

Range of applications

Suitable base surfaces are epoxy resin, PU resin, PMMA (perspex®), ceramic, and many metals (application time for aluminium max ten minutes, then rinse thoroughly with clean water). Preliminary tests must be conducted beforehand on varnished surfaces. Lico-Clean is used primarily on tools, machinery, working surfaces, floors (diluted with 1:5 to 1:10 water), and wheel rims.



Processing

Apply the solvent generously, leave it to work in, scrub or scour, soak up the dissolved soiling, and wipe down with clean water.

Composition

The product contains nonionic surfactants, dissolving agents, high-boiling rubber solvents, phosphates, perfumes, and traces of liquid dyes.

This is the best product that we have ever tested, which is why we use it on a daily basis for the thorough cleaning of our filling machines.

Packaging sizes 0.5 l aerosol and 5 l canister
Order no. 370 200-X



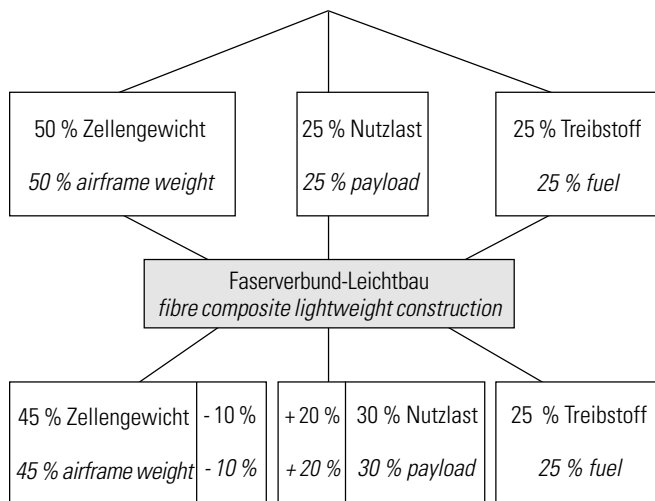
S. 8.02 Verstärkungsfasern, Einführung in das Gebiet der FVW	<i>S. 8.02 Reinforcing fibres, an introduction to the field of fibre composites</i>
S. 8.06 Verstärkungsfasern, physikalische Eigenschaften der wichtigsten Fasern	<i>S. 8.06 Reinforcing fibres, physical properties of the most important fibres</i>
S. 8.10 Webarten, die wichtigsten Gewebekonstruktionen in Kürze	<i>S. 8.10 Weave types a brief overview of the most important fabric constructions</i>
S. 8.14 Glasfasern, Herstellung und Eigenschaften	<i>S. 8.14 Glass fibres, manufacture and properties</i>
S. 8.20 Aramidfasern, Herstellung und Eigenschaften	<i>S. 8.20 Aramid fibres, manufacture and properties</i>
S. 8.24 Kohlenstofffasern (Carbon), Herstellung und Eigenschaften	<i>S. 8.24 Carbon fibres, manufacture and properties</i>
S. 8.32 Die Kohlenstoffweberei, Blick in die Weberei C.Cramer & Co	<i>S. 8.32 The carbon weaving mill -a look at the weaving mill run by C.Cramer & Co</i>
S. 8.34 Gewebe für die Luft- und Raumfahrt	<i>S. 8.34 Fabrics for aerospace applications</i>
S. 8.36 Dyneema®, Herstellung und Eigenschaften	<i>S. 8.36 Dyneema®, manufacture and properties</i>
S. 8.40, 8.50 Glasfilamentgewebe	<i>S. 8.40, 8.50 Glass filament fabrics</i>
S. 8.42 Glaslegele, Glasmatten	<i>S. 8.42 Glass inlays, glass mats</i>
S. 8.44, 8.62 Aramidgewebe	<i>S. 8.44, 8.62 Aramid fabrics</i>
S. 8.45, 8.66 Kohlegelege	<i>S. 8.45, 8.66 Carbon fabrics</i>
S. 8.46, 8.72 Kohlegelege	<i>S. 8.46, 8.72 Carbon inlays</i>
S. 8.48, 8.76 Hybrid, Mischfasergewebe	<i>S. 8.48, 8.76 Hybrid, hybrid fabric</i>

GLAS-, ARAMID- UND KOHLENSTOFFASERN GLASS, ARAMID- AND CARBON FIBRES

S. 8.49, 8.78 Dyneema®	<i>S. 8.49, 8.78 Dyneema®</i>
S. 8.80 Verstärkungsbänder, Glas, Aramid, Kohle	<i>S. 8.80 Reinforcing tapes, glass, aramid, carbon</i>
S. 8.83 Bänder und Schläuche	<i>S. 8.83 Tapes and gloses</i>
S. 8.84 Flechtschläuche	<i>S. 8.84 Braided gloses</i>
S. 8.86 Litzen aus Glas- und Kohlefaser	<i>S. 8.86 Strands of glass, carbon fibre</i>
S. 8.88 Rovings	<i>S. 8.88 Rovings</i>
S. 8.90 Glasroving	<i>S. 8.90 Glass roving</i>
S. 8.92 Aramidroving	<i>S. 8.92 Aramid roving</i>
S. 8.94 Kohleroving	<i>S. 8.93 Carbon roving</i>
S. 8.98 Füllstoffe	<i>S. 8.98 Fillers</i>

Gewichtsminderungen unter Beibehaltung oder gar Verbesserung der mechanischen Eigenschaften sind die wesentlichen Vorteile des **Leichtbaus** mit Faserverbundwerkstoffen. Dies läßt sich leicht anhand der Rentabilität eines Flugzeuges betrachten, dessen Zellengewicht aus Verbundwerkstoffen um 10 % reduziert wurde.

The essential advantage of **lightweight engineering** with fibre composites is that material weights are reduced without any sacrifice to the mechanical properties. In a number of cases, these properties are even enhanced. This can best be illustrated by the cost-effectiveness of an aircraft whose airframe has been made of fibre composites, with a total weight reduction of 10%.



* Dieser Text enthält Auszüge aus dem Fachbuch "Ökonomischer und Ökologischer Leichtbau mit faserverstärkten Polymeren", 2., völlig neubearbeitete Auflage, von Prof. Dr. Günter Niederstadt und 6 Mitautoren, erschienen im Expert-Verlag, 71272 Renningen-Malmsheim. Das Buch ist erhältlich bei R&G unter der Bestell-Nr. 380 126-1

* This article contains a number of translated sections taken from Prof. Dr. Günter Niederstadt et al.'s Ökonomischer und Ökologischer Leichtbau mit faserverstärkten Polymeren (2nd completely revised edition published by Expert-Verlag at 71272 Renningen-Malmsheim). This book is available from R&G, order no. 380 126-1.

Geht man davon aus, daß das Zellengewicht etwa 50 % des Abfluggewichts eines Flugzeugs beträgt, so verbleiben nur 25 % für die Nutzlast und 25 % für die erforderlichen Treib- und Betriebsstoffe. Eine 10 %ige Einsparung am Zellengewicht erbringt eine Nutzlasterrhöhung von 20 %. Das ist ein großer Vorteil für die Rentabilität des Flugzeugs und der wichtigste Grund für die **Vorreiterrolle des Flugzeugbaus** bei der Anwendung von Faserverbundwerkstoffen. Ähnliche Verbesserungen hinsichtlich der Rentabilität ergeben sich auch für den Schiffbau, den Bus- und Rennwagenbau und in vielen Bereichen des Maschinenbaus.

If we assume that the weight of the airframe is about 50 % of the aircraft's take-off weight, then the remaining 50 % must be shared equally between the payload and the requisite fuels and lubricants. Reducing the airframe weight by 10 % increases the payload by 20 %. This is a considerable advantage for the cost-effectiveness of an aircraft, and the key driving power behind **the pioneering role played by aircraft construction** in the application of fibre composites. Similar improvements to cost-effectiveness can also be obtained for shipbuilding, the construction of buses and racing cars, and many other fields of mechanical engineering.

Fasern

Bei der Auswahl geeigneter Verstärkungsfasern ist nicht nur eine **hohe Festigkeit** wichtig, sondern auch eine **niedrige Materialdichte**. Eigenschaften, die auf die Dichte bezogen werden, nennt man **spezifische Materialeigenschaften**. In einem solchen Kennwert wird der Werkstoff nicht nur nach seinen mechanischen Eigenschaften beurteilt, sondern auch nach seiner geringen Masse. Dieser, als **Reißlänge** gebräuchliche Wert ergibt sich aus der Faserlänge in km, bei der ein Faden durch sein Eigengewicht reißt. Geeignet sind also Fasern mit großer Reiß- und Dehnlänge. Dabei wird der **Vorteil von Kohlenstofffasern** besonders deutlich. Kohlefasern verfügen über eine große Eigenschaftsbreite und können, je nach Type, sowohl große spezifische Festigkeiten als auch große spezifische Steifigkeiten aufweisen.

Fibres

The choice of a suitable reinforcing fibre should attach importance not only to **high strength**, but also to a **low material density**. Properties based on the material's density are called **specific material properties**. One of these characteristics usually taken as a measure not only of the material's mechanical properties, but also of its low mass is the so-called **breaking length**, or the minimum length of a fibre in kilometres that breaks under its own weight. So suitable fibres are those with large breaking and extensile lengths. And here is where the **advantage of carbon fibres** comes to the fore. Carbon fibres exhibit a wide range of properties, including high specific strength and high specific rigidity depending on the type.

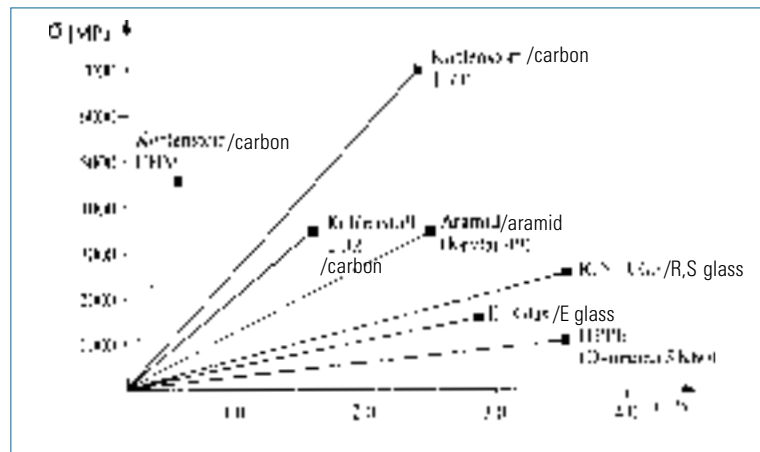
Ein wichtiges Kriterium für den Konstrukteur ist immer das Spannungs-Dehnungs-Diagramm. Es gibt Antwort auf die Frage nach der **Deformation im Belastungsfall**.

One indispensable set of criteria for the designer takes the form of the stress-strain curve. This provides information on how fibres **deform when under load**.

8.02

Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Stress-strain curve



Physikalische Eigenschaften verschiedener Fasern

Physical properties of various fibres

Werkstoff Material	Dichte/ Density g/cm ³	Zugfestigkeit GPa Tensile strength GPa	E-Modul GPa Modulus of elasticity GPa	lineare Dehngrenze % Practical elastic limit %	Reißlänge km Breaking length km
Stahl Steel	7,8	1,8 - 2,2	210	1,4 - 1,7	bis/max. 30
Glas Glass	2,6	1,8 - 3,0	72 - 83	2 - 3	70 - 120
Kohlenstoff Carbon	1,7 - 1,9	2,4 - 7,0	230 - 700	0,5 - 2,3	150 - 380
Aramid Aramid	1,4 - 1,5	2,5 - 3,5	60 - 130	2,0 - 4,0	180 - 240
HPPE HPPE	0,97	2,7	89	3,5	295
Flachs Flax	bis/max. 1,5	bis/max. 0,85	bis/max. 25	1,4 - 4	bis/max. 60
Jute Jute	bis/max. 1,5	0,32	27	2,5	bis/max. 25
Ramie Ramie	1,5	bis/max. 0,9	bis/max. 24	2,5	bis/max. 61
Baumwolle Cotton	1,5	bis/max. 0,75	bis/max. 9	bis/max. 10	bis/max. 50

Pflanzenfasern

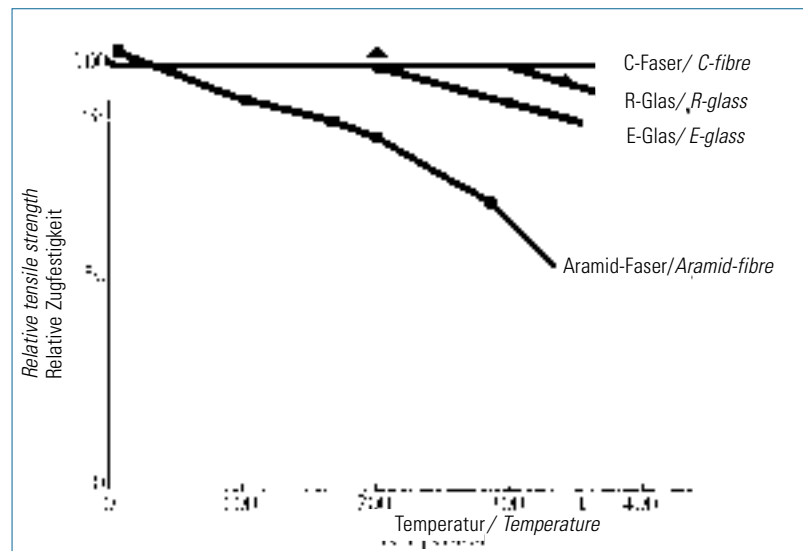
Verstärkungsmaterialien aus Pflanzenfasern sind als Vliese und teilweise auch als Gewebe erhältlich. Insbesondere der hochwertigen **Ramie-Faser**, die aus dem subtropischen *Chinagrass* gewonnen wird, kommt wachsende Bedeutung zu. Hinsichtlich ihrer gewichtsbezogenen Festigkeit ist die Ramie-Faser durchaus mit der E-Glasfaser vergleichbar. Natürlich stellt sich bei der Verwendung **biologisch abbaubarer Werkstoffe** die Frage nach der Beständigkeit gegenüber äußeren Einflüssen wie Temperatur, Feuchte, Chemikalien und Strahlung oder auch Mikroben. Die Entwicklung zielt vor allem auf Anwendungsbereiche, für die heute noch glasfaserverstärkte Polyesterharze verwendet werden. Wesentliche Zielgruppe sind somit z.B. Verkleidungselemente mit tragenden Inserts im Automobil- und Waggonbau sowie der Möbelindustrie.

Wärmebeständigkeit

Die Wärmebeständigkeit von Faserverbundwerkstoffen wird allgemein durch die Wärmebeständigkeit der polymeren Matrix (des Harzes) bestimmt und liegt langfristig nicht höher als 230 °C. Kurzfristig kann die Temperaturbeständigkeit jedoch sehr viel höher sein. Man erinnere sich z.B. an die Hitzeschilder für Raumfahrzeuge, wo die Temperaturbeständigkeit eine Folge der **geringen Wärmeleitung** des Harzes ist, die durch geschickte geometrische Anordnung der Fasern (keine Wärmebrücken!) noch weiter verbessert werden kann.

Dennoch haben auch die Fasern unterschiedliche Wärmebeständigkeiten. **Aramidfasern** erleiden schon Festigkeitsverluste bei erhöhter Raumtemperatur in inerter Atmosphäre. Ab 200 °C zeigen sich Festigkeitsverluste bei **E-Glasfasern**. Erst ab 1000 °C werden Kohlenstofffasern thermisch beeinflusst.

Einfluß der Temperatur auf die Zugfestigkeit



Vegetable fibres

Reinforcing materials of vegetable fibres are available primarily as non-wovens, but fabrics are also possible. In particular, high-quality **ramie fibre**, obtained from the subtropical Chinese grass plant, is gaining in importance. With respect to its weight-related strength, ramie fibre compares well with E glass fibre. When **biodegradable materials** must be used, the obvious question is how they resist external influences such as temperature, moisture, chemicals, radiation, or even microbes. This development is primarily targeting fields of application in which glass-fibre-reinforced polyester resins are still being used today. So the key target groups include, for example, trim finishers with supporting inserts in automobile manufacture, wagon building, and the furniture industry.

Heat resistance

A fibre composite's resistance to heat is defined in general by the resistance to heat exhibited by the (resin's) polymeric matrix and, over the long term, is no higher than 230 °C. For short periods, however, the temperature resistance can be very much higher. One good example is given by the heat shields for spacecraft, whose temperature resistance is based directly on the resin's **low thermal conduction**, a property that can be enhanced even further when the fibres are skilfully arranged in the optimal geometry (there must be no heat bridges!).

However, also the fibres exhibit different temperature resistances. **Aramid fibres** suffer losses in strength at a raised ambient temperature in an inert atmosphere. The strength of **E glass fibres** starts to deteriorate at temperatures greater than 200 °C. Carbon fibres, however, remain immune to thermal effects up to 1000 °C.

Effects of temperature on tensile strength

Feuchtigkeitsaufnahme der Verstärkungsfasern

Viele Untersuchungen haben gezeigt, daß sowohl Glas- wie auch Kohlenstofffasern keine Feuchtigkeit aufnehmen, sondern im Laminat sogar eine Sperrwirkung gegenüber Wasserdampf haben.

Eine Ausnahme bilden die synthetischen Fasern, wie z.B. die **Aramide**. Ihre Feuchtigkeitsaufnahme kann ganz erheblich sein, abhängig vom Trocknungsgrad und der Faserart. Sehr unterschiedlich in Bezug auf die Faserachse sind auch ihre Quellungen. Messungen zeigen eine z.T. sehr hohe Quellung in radialer und eine Kontraktion in Achsrichtung.

In der nachfolgenden Tabelle sind eine Vielzahl von Meßergebnissen, auch für die neueren natürlichen Faserverstärkungen, zusammengefaßt. Die Messungen wurden entweder bei einer relativen Umgebungsfeuchte von 65 % vorgenommen oder auf diese Feuchte umgerechnet, da dieser Wert dem langzeitigen Feuchtgleichgewicht in unseren Breitengraden entspricht.

Moisture absorption by reinforcing fibres

Many investigations have shown that both glass and carbon fibres do not absorb moisture. On the contrary, they even give rise to a barrier effect in the laminate against water vapour.

The exceptions are the synthetic fibres, e.g. the **aramids**. Their moisture absorption can be considerable, depending on the degree of drying and the type of fibre. Their swelling behaviour also differs along each of the fibre alignments. Measurements have shown that there is sometimes very great swelling in the radial and a contraction in the axial directions.

The following table summarises a great number of values measured on reinforcing fibres, including the more recent natural fibre reinforcements. The measurements were either taken in an environment of 65% relative humidity or afterwards modified to this value, which corresponds to the long-term stable humidity values typical of our latitude.

Maximale Feuchtigkeitsaufnahme üblicher Faserverstärkungen bei einer Umgebungsfeuchte von 65 % rel. Feuchte

*Max. moisture absorption by
customary fibre reinforcements in an
environment of 65% relative humidity*

Produkt Product	max. Feuchte % max. humidity %
E-Glas / E glass	nicht messbar / not measureable
Kohlenstoff / Carbon	nicht messbar / not measureable
Kevlar® 49 (Aramid)	4,3
Twaron® T 1000 (Aramid)	7,0
Dyneema® SK 60	nicht messbar / not measureable
Flachs / Flax	10,0
Jute	12,5
Ramie	7,5
Baumwolle / Cotton	8,0

Diese Werte können sehr viel höher sein, wenn eine **langzeitige** Umgebungsfeuchte von 100 % herrscht.

Strahlenbelastung

Die Strahlenbelastung von FVV wird bislang hauptsächlich unter gleichzeitiger Freibewitterung untersucht. Der Abbau (Alterung) erfolgt durch Molekülkettenbrüche, die durch Strahlungen vor allem im UV-B-Bereich (280-315 nm) verursacht werden.

Insbesondere synthetische Fasern wie z.B. Aramid unterliegen, sofern sie nicht durch farbige Deckschichten/Lackierungen geschützt sind, einem rapiden **fotochemischen Abbau**. Die Restfestigkeit von Aramid kann innerhalb eines Jahres, je nach Strahlungsintensität, unter 25 % sinken.

Fasermischungen

Bei vielen Anwendungen kann auch eine Mischung unterschiedlicher Fasern vorteilhaft sein. Eine Fasermischung führt jedoch nicht immer zu besseren mechanischen Eigenschaften. Häufigste Ursache für Mißerfolge ist die Dehnungsunverträglichkeit der meisten Fasern. Werden z.B. Kohlenstoff- und Glasfasern zusammen verwendet, wird der Beginn des Versagens durch die C-Faserbrüche ausgelöst. Der Bruch erfaßt dann nach und nach alle C-Fasern, da nicht alle Fasern in einem Verbund der gleichen Spannung oder Dehnung unterliegen. Bei zunehmendem Übergang der Belastung auf die zweite Komponente (z.B. das E-Glas) wird auch diese überlastet und vorzeitig versagen. Nur im elastischen Bereich ergibt sich die Gesamtsteifigkeit aus der Mischungsregel. So kann z.B. eine Glasfaserkonstruktion durch Zumischung von Kohlenstofffasern wirkungsvoll versteift werden. Man kann aber nicht die **Festigkeit** erhöhen, sondern nur die **Steifigkeit**. Allerdings wird die Brucharbeitsaufnahme des Hybridverbundes deutlich ansteigen. Der relativ spröde Werkstoff Kohlenstoff erhält durch Glas- oder Aramidfasern eine erheblich verbesserte Schlagfestigkeit.

*These values can be very much higher when the environment has a **long-term** relative humidity of 100%.*

Radiation resistance

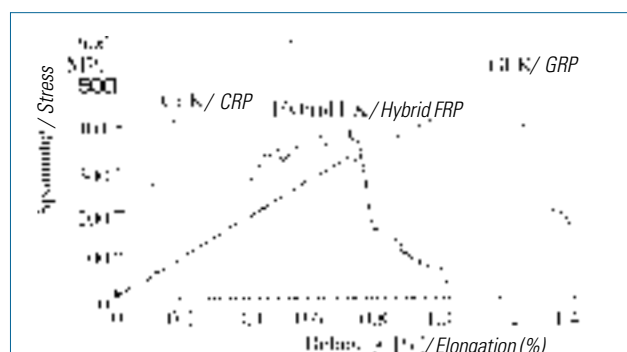
*The procedure primarily adopted to date for investigating the radiation resistance of fibre composites involves subjecting them to outdoor exposure. Degradation (ageing) sets in when the molecular chains start to break under the action of radiation, above all in the UV B range (280–315 nm). It is particularly the synthetic fibres such as aramid, provided they are not protected with coloured overlays or varnishes, that undergo rapid **photochemical degradation**. Depending on the radiation intensity, the residual strength of aramid can fall below 25% within a year.*

Fibre mixtures

*Also a mixture of different fibre types can prove advantageous for many applications. However, a fibre mixture does not always lead to better mechanical properties: the most frequent cause of failure lies in the incompatible extensibility of most fibres. For example, when carbon and glass fibres are used together, mechanical failure will set in as soon as the carbon fibres start to break. Owing to the varying tensions and elongations of the fibres in a composite, mechanical failure gradually spreads to all carbon fibres. This means that an increasing proportion of the load is transferred to the second constituent (e.g. E glass), whereupon this becomes overloaded and also fails prematurely. The rule of mixtures can be used to calculate the overall rigidity for the elastic range only. For example, a glass-fibre-reinforced design can be effectively stiffened when carbon fibres are added. It must be noted at this point that this measure increases the **rigidity** only, and not the **strength**. Nevertheless, the hybrid composite's ultimate resilience is clearly higher. Glass or aramid fibres impart to the relatively brittle material carbon a considerably improved impact strength.*

Spannungs-Verformungsverhalten von Hybridverstärkungen

Stress curve of hybrid reinforcements



	Einheit Unit	E-Glas E glas	Aramid, Hochmodul (HM) Aramid, high modulus (HM)	Kohlenstoff, Hochfeste Faser (HT) Aramid, high tensile (HT) fibre
Dichte Density	g/cm ³	2,6	1,45	1,78
Zugfestigkeit Tensile strength	MPa	3400	2880	3400
Elastizitätsmodul II Modulus of elasticity II	GPa	73	100	235
Elastizitätsmodul ⊥ Modulus of elasticity ⊥	GPa	73	5,4	15
Bruchdehnung Elongation at break	%	3,5	2,8	1,4
Wärmeausdehnungskoeffizient II Coefficient of thermal expansion II	10 ⁻⁶ K ⁻¹	5	-3,5	-0,1
Wärmeausdehnungskoeffizient ⊥ Coefficient of thermal expansion ⊥	10 ⁻⁶ K ⁻¹	5	17	10
Wärmeleitfähigkeit Thermal conductivity	W/m-K	1	0.04	17
spez. elektrischer Widerstand Resistivity	Ω·cm	10 ¹⁵	10 ¹⁵	10 ⁻³ - 10 ⁻⁴
Feuchtigkeitsaufnahme 20 °C/65 % rel. Luftfeuchtigkeit Moisture absorption 20 °C/65 % relative air humidity	%	0,1	3,5	0,1

II Faserlängsrichtung ⊥ Faserquerrichtung
along the fibres transverse to the fibres

Glasfasern

E-Glasfaser ist das gebräuchlichste Verstärkungsmaterial für Faserverbundwerkstoffe; Glasfasern sind preisgünstig und besitzen ausgezeichnete mechanische, thermische, dielektrische und chemische Eigenschaften. Die Festigkeitseigenschaften entsprechen denen von Metallen (z.B. Alu-Legierungen), wobei das spezifische Gewicht niedriger ist, als das der Metalle. Die Steifigkeit (E-Modul) von Glaslaminaten ist gegenüber Metallen relativ niedrig, so daß bei einer steifigkeitsbezogenen Auslegung von Bauteilen durch die benötigte große Wandstärke der Gewichtsvorteil aufgehoben wird, es sei denn, man arbeitet mit einer leichtgewichtigen Sandwich-Kernlage aus Schaumstoff, Schaumvlies oder Aramidwaben. Glasfasern sind unbrennbar, temperaturbeständig bis ca. 400 °C und beständig gegen die meisten Chemikalien und Witterungseinflüsse. Maßgebend für die entsprechenden Eigenschaften des Laminates ist daher meist das Harz. Der Preis der Glasfasern ist verglichen mit anderen Verstärkungsfasern niedrig. Durch Behandlung der Gewebe mit Haftvermittlern (Finish) wird die Haftung besonders unter Feuchtigkeitseinfluß verbessert. Verbundwerkstoffe aus Glasfasern werden als **GFK (Glasfaser-Kunststoff)** bezeichnet.

Glass fibres

E glass fibre is the most commonly used reinforcing material for fibre composites: glass fibres are low-priced and exhibit outstanding mechanical, thermal, dielectric, and chemical properties. The physical properties correspond to those of metals (e.g. aluminium alloys), but the specific gravity is lower than that of metals. The rigidity (modulus of elasticity) of glass laminates is relatively low compared with metals, so that the thicker walls needed for a high-rigidity design negates the advantages gained from the lower weight. This does not apply where a lightweight sandwich core layer of foam, foamed non-woven, or aramid honeycombs is involved. Glass fibres are incombustible, temperature-resistant up to approx. 400 °C, and resistant to most chemicals and weathering. So in most cases it is the resin that is decisive for the design properties of the laminate.

*Compared with other reinforcing fibres, glass fibres are low-priced. Treating the fabrics with a coupling agent (finish) improves adhesion especially under the influence of moisture. Composites of glass fibres are designated **GRPs (glass-fibre-reinforced plastics)**.*

Aramidfasern

Der Einsatz von Aramiden ist dann sinnvoll, wenn Gewichtsersparnis an erster Stelle steht. Weiterhin werden abrieb- und schlagbeanspruchte Teile (z.B. Schutz der Vorderkanten von Flugzeugleitwerken gegen Hagelschlag, Kajaks) aus aramidfaserverstärkten Kunststoffen gefertigt. Festigkeit und Steifigkeit sind etwas besser als bei E-Glas. Weitere Eigenschaften sind das gute Dämpfungsvermögen, die Nichtentflammbarkeit und die hervorragende chemische Beständigkeit.

Die Bearbeitung von Laminaten ist wegen der hohen Zähigkeit der Faser sehr schwierig. Zum Schneiden von Geweben sind Spezialwerkzeuge (Kevlarscheren) erforderlich.

Für technische Laminat, z.B. im Fahrzeug- und Flugzeugbau, wird hauptsächlich die **Hochmodulfaser Kevlar® 49** oder **Twaron® HM** eingesetzt.

Niedermodul-Aramidfasern (Kevlar® 29, Twaron® LM) besitzen ein hohes Arbeitsaufnahmevermögen und werden überwiegend für ballistische Hartlaminat sowie Splitter- und Kugelschutzwesten verwendet. Aramidfaserverbundwerkstoffe werden als **SFK (S**ynthesefaser**k**unststoff) bezeichnet.

Kohlenstofffasern

Kohlenstofffasern weisen eine höhere Festigkeit und bedeutend höhere Steifigkeit auf als Glasfasern, das spezifische Gewicht von Laminaten ist etwas niedriger. Daher werden sie vor allem für steife Konstruktionen eingesetzt. Beispiel: Die Tragfläche eines Segelflugzeugs mit großer Spannweite würde in Glasfaserbauweise die Belastungen zwar aushalten, sich aber sehr stark durchbiegen. Durch Verwendung von Kohlenstofffasern werden die Durchbiegung und das Gewicht verringert.

Die Dauerfestigkeit bei dynamischer Belastung ist hervorragend, die Wärmeausdehnung von Laminaten wegen des negativen Ausdehnungskoeffizienten der Fasern sehr gering.

Wegen der höheren Schlagempfindlichkeit von Kohlefaserlaminaten sollten sie bei erhöhter Schlagbeanspruchung nicht eingesetzt oder durch Kombination mit Aramid geschützt werden (z.B. Hybridgewebe). Kohlefaserlaminat zeigen eine gute Strahlendurchlässigkeit (z.B. Röntgenstrahlen) und sind elektrisch leitend. Kohlefaserverbundwerkstoffe werden als **CFK (C**arbonfaser**k**unststoff) bezeichnet.

Abreißgewebe (Nylon)

Beim Zusammenlaminiere oder Aufbringen weiterer Gewebelagen auf Laminate oder beim Kleben zweier Laminat müssen die Oberflächen fettfrei, sauber und aufgeraut sein. Dies erfolgt vielfach durch arbeits- und zeitaufwendiges Schleifen oder Sandstrahlen der entsprechenden Flächen, wobei die Stäube noch zusätzlich gesundheitliche Risiken mit sich bringen. Um die Laminatoberfläche vor Verschmutzung zu schützen und die Schleifkosten einzusparen, kann als letzte Lage ein Abreißgewebe aufgebracht werden. Abreißgewebe gehen keine Verbindung mit dem eigentlichen Laminat ein. Sie werden vor der Weiterverarbeitung vollständig entfernt. Um leichter zu erkennen, ob die Abreißgewebe entfernt wurden, sind sie mit roten Kennfäden ausgerüstet. Die nach dem Abreißen des Gewebes entstehende raue Oberfläche ist sauber und ohne weitere Behandlung zum Kleben und Laminiere geeignet.

Anwendungsbeispiele

- Schutz vor Verschmutzungen von Teilen und Klebeflächen jeder Art bis zur Weiterverarbeitung während der Lagerung und des Transportes.
- Herstellen von rutschfesten, rauen Standflächen, z.B. bei Surfboards, Segelbooten, Kühlcontainern.
- Im Vakuumverfahren als Abdeckung von tragenden Laminaten, damit die Saugschicht nicht mit dem Laminat verklebt.

Aramid fibres

The use of aramids is especially practical when top priority is given to weight savings. In addition, aramid-fibre-reinforced plastics are used to manufacture high-wearing and high-impact parts, e.g. for kayaks, for protecting the leading edges of tail units from hail, etc. Strength and rigidity are slightly better than E glass. Other properties include good damping capacity, non-flammability, and superior chemical resistance.

Aramid fibres are very tough, so processing the laminates proves highly difficult. Special tools (Kevlar® shears) are needed to cut the fabrics.

*The chief materials for engineering laminates, e.g. for automobiles and aircraft, is either the **high modulus fibre Kevlar® 49** or **Twaron® HM**.*

***Low modulus aramid fibres** (Kevlar® 29, Twaron® LM) exhibit a high energy absorption capacity and are used primarily for ballistic laminates as well as for shrapnel-proof and bulletproof vests. Aramid-fibre-reinforced composites are designated **SRPs** (synthetic-fibre-reinforced plastics).*

Carbon fibres

Carbon fibres exhibit a higher strength and a significantly greater rigidity than glass fibres, and the specific gravity of the laminates is somewhat lower. For this reason, they are used primarily for rigid structures. For example, a glider with a large wingspan of GRPs is able to withstand the loads acting on it, but there would be severe bending of the wings. Using carbon fibres reduces both this bending and the weight.

Carbon fibres exhibit an outstanding fatigue limit under dynamic loading, and the fibres' negative coefficients of expansion mean that the thermal expansion of the laminates is very low.

*Carbon-fibre laminates are more sensitive to impact and so should not be used for high-impact applications if they cannot be protected with an aramid constituent (e.g. hybrid fabric). Carbon-fibre laminates exhibit a good radiolucency (e.g. for X rays) and are electrically conducting. Carbon-fibre-reinforced composites are designated **CRPs** (carbon-fibre-reinforced plastics).*

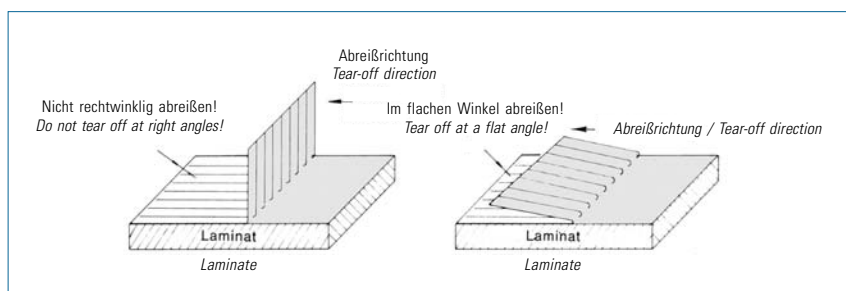
Tear-off fabrics (nylon)

Before several laminates are laid up, further fabric layers are applied to laminates, or two laminates are glued together, the surfaces must first be free of grease, clean, and roughened. In a great many cases, the affected surfaces must be subjected to work-intensive and time-consuming grinding or sandblasting, whereby the dust generated also poses additional risks to health. The surface of the laminate can be protected against soiling and the costs for grinding cut when a so-called tear-off fabric is applied as the last layer. Tear-off fabrics do not undergo bonding in any form with the actual laminate. They are completely removed before the next processing stage. Tear-off fabrics are manufactured with highly visible red marking threads, making it easier to see whether they have been removed. The rough surface exposed after the fabric has been torn off is clean and suitable for gluing and laminating without any further treatment.

Example applications

- Parts and all types of surfaces for gluing are protected from soiling during storage and transport until they are ready for the next processing stage.
- Manufacture of non-slip, rough bases, e.g. for surfboards, sailing boats, refrigerated containers, etc.
- In vacuum moulding, cover for base laminates to prevent the absorbent coat from bonding with the laminate.

- Schutz der UP-Harz-Oberfläche vor Luftsauerstoff, der die Polymerisation der Oberfläche behindert und klebrig erhält.
- Schutz der EP-Harz-Oberfläche, da bereits nach 24 h Verbundschwierigkeiten beim Kleben oder Aufbringen weiterer Gewebelagen auftreten können.
- Protects the surface of UP resin from atmospheric oxygen that suppresses or retards polymerisation of the surface, leaving it tacky.
- Protects the surface of EP resin because problems with bonding can occur before twenty-four hours have passed when subsequent fabric layers are glued on or otherwise applied.



Polyesterfasern (Diolen®)

Diolen® wird vor allem noch bei der Herstellung von Kajaks oder als Verschleißschicht bei Verbundwerkstoffen verwendet.

Vorteil: hohe Schlagzähigkeit bei niedriger Dichte, gute Chemikalienfestigkeit.
 Nachteil: geringe Steifigkeit.

Polyester fibres (Diolen®)

Diolen® is still used primarily for the manufacture of kayaks or as a wearing surface for composites.

Advantages: high impact strength with low density, good chemical resistance. Disadvantage: low rigidity.

Keramische Fasern

Keramische Fasern wie z.B. **Nextel®** bestehen aus Metalloxiden. Neben sehr hoher Dauer-Temperaturbeständigkeit bis zu 1370 °C weisen diese Fasern einen hohen E-Modul auf.

Ceramic fibres

Ceramic fibres such as e.g. Nextel® consist of metal oxides. These fibres exhibit an extremely high long-term temperature resistance up to 1370 °C and a high modulus of elasticity.

Polyethylenfasern

Bekannt unter dem Markennamen **Dyneema®**.

Niedrigste Dichte aller Verstärkungsfasern, höchste spezifische Festigkeit (Verhältnis der Festigkeit zum Gewicht). Sehr gute Schlagzähigkeit, hohes Arbeitsaufnahmevermögen und hohe Zugfestigkeit.

Polyethylene fibres

These also appear under the well-known brand name Dyneema®.

They have the lowest density of all reinforcing fibres and the highest specific strength (ratio of strength to weight). Other properties include excellent impact strength, high energy absorption capacity, and high tensile strength.

Metallfäden

Dünne Fäden aus Stahl, Aluminium, Magnesium, Molybdän, Wolfram etc. haben gute mechanische Eigenschaften, insbesondere verbesserte Schlagzähigkeit und Verschleißfestigkeit und sind gute Strom- und Wärmeleiter. Mischgewebe aus Kohlenstoff bzw. Aramid und Metallfäden sind auf Anfrage lieferbar.

Metal threads

Thin threads of steel, aluminium, magnesium, molybdenum, tungsten, etc., exhibit good mechanical properties, in particular better impact strength and wear resistance, and are good conductors of electricity and heat. Hybrid fabrics of carbon or aramid and metal threads are available on request.

Asbestfasern

Asbest ist krebserregend und hat als Verstärkungsfaser **keine Bedeutung** mehr. Als **Ersatzwerkstoff** dienen z.B. Aramidfasern.

Asbestos fibres

*Asbestos is carcinogenic and has **lost all significance** as a reinforcing fibre. An **alternative** can be found, for example, in aramid fibres.*

Naturfasern

Ein Faserverbundwerkstoff aus nachwachsenden Rohstoffen wie den Pflanzenfasern Hanf, Jute, Sisal, Flachs, Ramie und Baumwolle kann nach Gebrauch über die Kompostierung in den Naturkreislauf zurückgeführt werden. Möglich ist dies nur in Verbindung mit **biologisch abbaubaren Matrixwerkstoffen**, die anstelle von Kunstharzen eingesetzt werden. Hier gibt es bereits Produkte auf Basis von Cellulosederivaten und Stärke.

Natural fibres

*A fibre composite of renewable raw materials such as the vegetable fibres hemp, jute, sisal, flax, ramie, and cotton can be composted after use and so reintroduced to the natural cycle. This is possible only in conjunction with **biodegradable matrix materials** that take the place of synthetic resins. Products based on cellulose derivatives and starch are now available.*



Motorrad mit einem Rahmen aus Faserverbundwerkstoffen aus der Fertigung der Firma CarboTech Composites GmbH, A-Salzburg

Motorcycle with a frame of fibre composites manufactured by the company CarboTech Composites GmbH in Salzburg, Austria

Festigkeitswerte von Gewebe-Laminaten

Mechanical properties of fabric laminates

		Glas¹⁾ <i>Glass¹⁾</i>	Kohlenstoff²⁾ <i>Carbon²⁾</i>	Aramid²⁾ <i>Aramid²⁾</i>
Zugfestigkeit / <i>Tensile strength</i>	³⁾	330 - 400	560 - 650	460 - 540
MPa (DIN EN 61)	⁴⁾	590 - 680	950 - 1100	790 - 900
E-Modul Zugversuch / <i>Tensile modulus</i>	³⁾	19 - 21	52 - 58	22 - 27
GPa (DIN EN 61)	⁴⁾	24 - 35	90 - 100	44 - 47
Druckfestigkeit / <i>Compressive strength</i>	³⁾	310 - 440	450 - 520	130 - 165
MPa (DIN 534554)	⁴⁾	480 - 600	600 - 800	180 - 190

1) Werte bezogen auf Faseranteil 43 Vol.-%
 2) Werte bezogen auf Faseranteil 50 Vol.-%
 3) Bidirektionale Gewebe (Kette und Schuß sind gleich). Die höheren Werte werden von Köper- und Atlasgeweben bei optimaler Laminatsqualität erreicht.
 4) Unidirektionale Gewebe. Werte sind abhängig vom Kette-Schuss-Verhältnis

Quelle: CS-Interglas

1) Values based on 43% fibre volume fraction
 2) Values based on 50% fibre volume fraction
 3) Bidirectional fabric (warp and weft are equal). The higher values are obtained with twill and sateen at the optimal laminate quality
 4) Unidirectional fabric. Values depend on proportion of warp to weft threads

Source: CS-Interglas

Die angegebenen Werte sind Richtwerte, ermittelt an Laminaten aus Gewebe und Epoxydharz. Sie sind abhängig von der Gewebekonstruktion, dem Harz und den Verarbeitungsbedingungen.

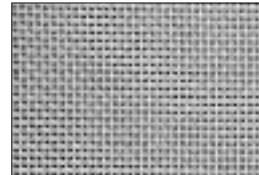
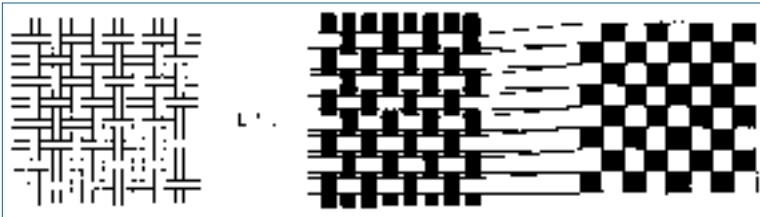
The above table lists recommended values based on laminates of fabric and epoxy resin. These values may vary depending on the fabric construction, the resin, and the processing conditions.

In Verbundwerkstoffen sind die Verstärkungsfasern in eine Kunstharzmatrix eingebettet. Die Verstärkungsfasern liegen häufig in Form von Geweben vor. Gewebe sind durch die rechtwinkelige Verkreuzung der beiden Fadensysteme (Kette und Schuß) gekennzeichnet. Die Art und Weise, wie sich diese Fäden kreuzen, wird Bindung genannt. Zusammen mit der Einstellung (Anzahl der Fäden pro cm) und dem eingesetzten Faserstoff bestimmt die Bindung die Eigenschaften der Gewebe. Überwiegend werden die einfachen Grundbindungen wie **Leinwand**, **Köper** und **Atlas** angewandt.

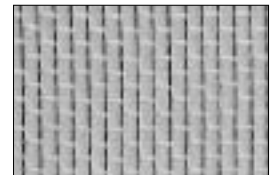
*In fibre composites, the reinforcing fibres are embedded in a matrix of synthetic resin. These reinforcing fibres frequently come in the form of fabrics. A fabric is produced when two sets of threads (warp and weft) are interlaced at right angles to each other. The manner in which these threads are interlaced is called the weave. The weave, together with the thread count (number of threads per cm) and the material used for the fibres, determines the properties of the fabric. The three basic weaves **plain**, **twill**, and **satín** are the most common methods.*

Leinwand

Plain weave



Leinwand / Plain weave



Leinwand (kettverstärkt)

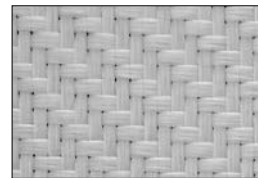
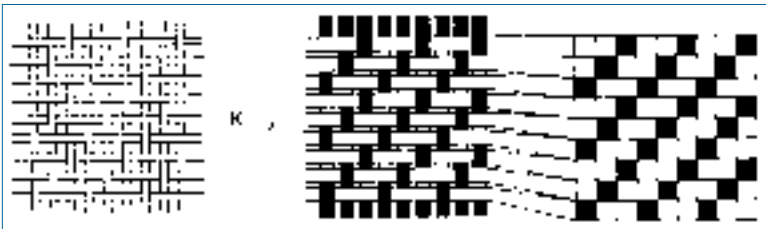
sog. unidirektionales Gewebe, Verhältnis Kette:Schuß z.B. 10:1
Plain weave (warp-reinforced)
so-called unidirectional fabric, warp-to-weft ratio e.g. 10:1

Die einfachste Gewebbindung ist die Leinwandbindung (englisch: plain) mit der engsten Verkreuzung von Kette und Schuß. Durch die gleichmäßige Verkreuzung beider Fadensysteme entstehen zwei identische Warensseiten. Bindungsformel: L 1/1

The simplest weave is the plain weave with the densest uniform interlacing of warp and weft. Both sides of the fabric are therefore identical. The nomenclature used for this weave is L1/1.

Köper

Twill weave

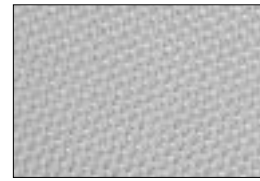
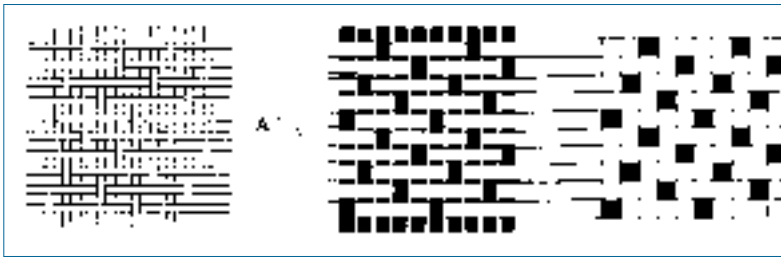


Unter den Köperbindungen (englisch: twill) gibt es eine Vielzahl von Variationen. Charakteristisch für die Köperbindungen sind die schrägen, parallel verlaufenden Linien (Köpergrat), die durch die Aneinanderreihung der Bindungspunkte (Kreuzungspunkte von Kette und Schuß) gebildet werden. Köperbindige Gewebe können, wie bei der Leinwandbindung, zwei gleiche Warensseiten aufweisen. Durch die Köperbindung entstehen Kräfte im Gewebe in Köpergratrichtung, die bei nicht ausgewogenem Laminataufbau zu Spannungen bis zum Verbiegen von Laminaten führen können. Um diese Kräfte aufzuheben, wird häufig die Kreuzköperbindung (englisch: crowfoot) verwendet, bei welcher sich die Köpergratrichtung ständig ändert. Bindungsformel: K 1/2, K 2/2, K 1/3.

Twill weaves come in a number of variations. The characteristic features of twill weaves are the parallel diagonals or the twill lines that are formed by the arrangement of interlacing points (where the warp and weft cross). Like plain weaves, both sides of twill-weave fabrics can be identical. The twill weave generates forces in the fabric that act along the twill lines. These forces can give rise to tension in the laminates strong enough to bend them when they have not been laid up uniformly. A frequent measure adopted to counteract these forces is the use of the cross twill weave, in which the twill lines constantly change direction. Nomenclatures for this weave: 1/2, 2/2, 1/3.

Atlas

Satin weave



Für Verbundwerkstoffe werden nur zwei Grundformen des Atlas (englisch: satin) angewandt. Um diese Gewebearbeiten herstellen zu können, benötigt der Weber mindestens 5 bzw. 8 Schäfte (englisch: harness). Daher wird im englischen Sprachraum auch von "five" bzw. "eight harness satin" gesprochen. Die Bindungspunkte berühren sich nicht mehr wie bei der Leinwand- und Köperbindung, sondern liegen entsprechend einer bestimmten Ordnung im Bindungsrapport verteilt. Auf der rechten Gewebeseite sind 80 % der Kettfäden und nur 20 % der Schußfäden sichtbar, wohingegen auf der linken Gewebeseite 80 % der Schußfäden und nur 20 % der Kettfäden sichtbar sind (5-bündiger Atlas). Bei dem 8-bündigen Atlas ist das Verhältnis entsprechend: 87,5 % : 12,5 %. Bindungsformel: A 1/4, A 1/7. Text nach Focus 1/90 Akzo, Wuppertal

Only two basic forms of satin weave are used for composites. A satin weave must have at least five or eight harnesses (hence the designations five or eight harness satin respectively). The interlacing points are no longer in contact as in the plain and twill weaves, but lie distributed over the weave repeat in a predefined pattern. The right side of the fabric exposes 80 % of the warps and only 20 % of the wefts, whereas this is 80 % of the wefts and 20 % of the warps on the left side (five harness satin). The proportion for eight harness satin is as 87.5 % : 12.5 %. Nomenclatures: A1/4, A1/7. Based on issue 1/90 of Focus Akzo, Wuppertal

Verformbarkeit

Wie eingangs erwähnt, bestimmt neben der Faserart und der Fadendichte die **Bindung** des Gewebes die wesentlichen Eigenschaften und damit das Anwendungsgebiet des Gewebes. Aufgrund der häufigen Fadenverkreuzung ist die **Schiebefestigkeit** eines Gewebes allgemein bei einer Leinwandbindung größer als bei Geweben mit Köper oder Atlasbindung. Die Handhabung im nicht imprägnierten Zustand ist daher wesentlich einfacher. Fadenverschiebungen, die zur Leistungsminderung im Verbundwerkstoff führen, treten kaum auf.

Deformability

As mentioned earlier, not only the type of fibre and the thread count, but also the **weave** adopted for the fabric define the essential properties and therefore the range of applications for a fabric. Owing to the higher density of thread crossovers, the **slippage resistance** exhibited by a fabric is generally greater with a plain weave than with twill or satin weaves. Handling these fabrics is considerably easier before they have been impregnated: there is scarcely any slippage that can lead to a deterioration in the performance of a composite

Schiebefestigkeit / Handhabung:

Leinwand → Köper → Atlas

Slippage resistance / handling:

plain → twill → satin

Eine häufige Fadenverkreuzung führt aber zu einer schlechteren Drapierfähigkeit (Verformbarkeit) des Gewebes bzw. des Prepregs. Konturen lassen sich daher besser mit einem 8-bündigen Atlas als mit einem Leinwandbindigen Gewebe gestalten. Auch führt die häufige Fadenverkreuzung bei einer Leinwandbindung zu vielen Abweichungen der Kett- und Schußfäden von der geraden Garnachse. Die Garne liegen wellenförmig im Gewebe, was die Ausnutzung der Garnzug- und Druckfestigkeit im Verbundwerkstoff leicht reduziert.

On the other hand, a high density of thread crossovers means that the fabric or prepreg does not drape (deform) well. So an eight harness satin is better suited for forming contours than a plain-weave fabric. In addition, the high density of thread crossovers in a plain weave forces the wefts and warps to deviate from the straight: the result is waving in the fabric that slightly reduces the thread's utilisable tensile and compressive strengths in the composite.

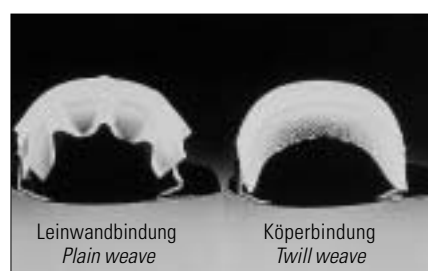
Zusammenfassung

Abschließend kann man sagen, daß die **Leinwandbindung** für **Flachlaminat** oder für unkomplizierte Formteile geeignet ist.

Summary

In conclusion we can say that the **plain weave** is suitable for **flat laminates** and for simple moulded parts.

Für **kompliziertere Geometrien** eignen sich die drapierfähigen **Köper- oder Atlasbindungen** meist besser. Zudem weisen sie weniger Fadenverkreuzungen auf und ergeben somit im Laminat höhere Festigkeiten.



Drapierbarkeit von Geweben unterschiedlicher Bindung

Drapability of various weaves

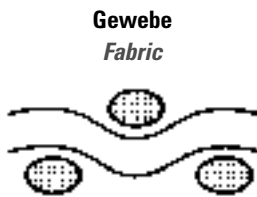
For **complex geometries**, the drapable **twill or satin weaves** are in most cases the better choice. In addition, they exhibit a low density of thread crossovers and so give rise to higher strengths in the laminate.

Neue Produkte

Neben textilen Geweben in Leinwand-, Köper- und Atlasbindung haben sich seit einigen Jahren auch **Spezialprodukte** z.B. für den Schiffbau, Windkraftflügel und Sportgerätebau etabliert. Zu ihnen zählen folgende, von R&G angebotene Verstärkungsmaterialien:

- Unidirektionale Gelege
- Biaxiale Gelege

Die Fasern werden in diesen Gelegen nicht miteinander verwebt, sondern durch ein Haftfadengitter oder einen Nähfaden gehalten. Die einzelnen Fasern liegen flach, gerade und parallel und können so exact in Lastrichtung verlegt werden. Damit ergeben sich saubere Kraftverläufe, die denen keine Knickbrüche auftreten können, wie man sie von gewebten Produkten kennt. Die einzelne Faser erbringt ihre optimale Festigkeit.

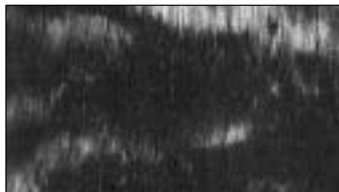
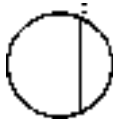


welliger Faserverlauf / *Fabric wavy fibre alignment*
 erhöhter Harzanteil an den Fadenverkreuzungen / *higher resin fraction at the thread crossovers*

Zusätzlich ergeben sich höhere Faseranteile mit folgenden Vorteilen:

- Mehr Festigkeit und Steifigkeit
- Bessere Schlagfestigkeit
- Weniger Ermüdungsbrüche
- Geringere Härtungsschwindung
- Harzersparnis

Bei den Biaxialgelegten sind zwei Lagen im Winkel von $\pm 45^\circ$ verlegt, so daß es sehr einfach ist, Torsionslagen z.B. für Propeller, Bootsrümpfe etc. zu verarbeiten. Das mühselige und unökonomische Schneiden diagonaler Lagen entfällt.



Vollkommen flach liegendes Kohle-Unidirektional-Gelege
Unidirectional carbon inlay lying perfectly flat.

Weitere Produkte

Neben den Geweben sind auch Vliese und Matten (überwiegend aus E-Glas), Faserstränge (Rovings), Bänder, Schläuche und Litzen, geschnittene und pulverisierte Fasern erhältlich.

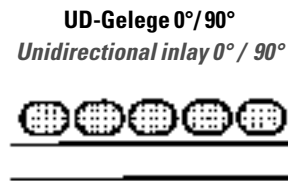
8.12

New products

In addition to the plain-, twill-, and satin-weave textiles, also **special products** have become established for some years now, e.g. for shipbuilding, wind turbine blades, and sports equipment. These products include the following reinforcing materials that are also available from R&G:

- Unidirectional inlays
- Biaxial inlays

In these prepregs, the fibres are not woven together, but are secured on an anchoring "grid" or with a sewing thread. Each of the fibres lies flat, straight, and parallel and so can be laid exactly in the direction of the applied loads. Hence forces are transferred without hindrance and without the kinking usually associated with woven products. Each fibre exhibits its optimal strength.

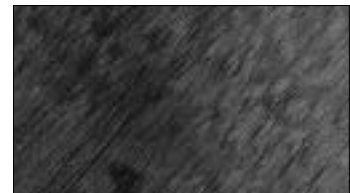


gestreckter Faserverlauf / *straight fibre alignment*
 keine Fadenverkreuzungen / *no thread crossovers*
 geringerer Harzanteil / *lower resin fraction*

In addition, the fibre volume fractions are higher, resulting in the following advantages:

- Greater strength and rigidity
- Improved impact strength
- Fewer fatigue fractures
- Lower curing shrinkage
- Lower resin consumption

In biaxial inlays, two plies are placed on top of each other at a relative angle of $\pm 45^\circ$. These inlays simplify greatly the processing of torsion plies, e.g. for propellers, hulls, etc.: the laborious and uneconomical cutting of diagonal plies no longer applies.



Vollkommen flach liegendes Kohle-Biaxial-Gelege
Biaxial carbon inlay lying perfectly flat.

Other products

Also available besides fabrics are non-wovens and mats (primarily of E glass), rovings, tapes, tubes, strands, and chopped and pulverised fibres.

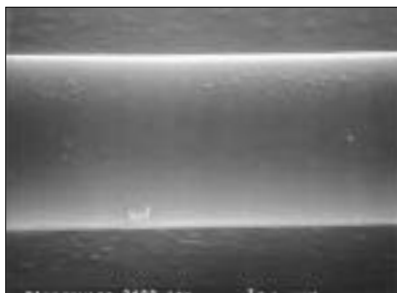


GLASFASERN

Glasfasern aus E-Glas sind der am weitesten verbreitete Verstärkungswerkstoff. Die Festigkeitseigenschaften entsprechen denen von Metallen (z.B. Alu-Legierungen), wobei das **spezifische Gewicht** von **Laminaten** niedriger ist, als das der Metalle. E-Glasfasern sind unbrennbar, hitzefest bis ca. 400 °C und beständig gegen die meisten Chemikalien und Witterungseinflüsse.

Herstellung

Glasfasern werden im Schmelzspinnverfahren (Düsenzieh-, Stabzieh- und Düsenblasverfahren) hergestellt. **Düsenziehverfahren:** unter Ausnutzung der Schwerkraft fließt die heiße Glasmasse durch hunderte Düsenbohrungen einer Platinspinnplatte. Die Elementarfäden können in unbegrenzter Länge mit einer Geschwindigkeit von 3 - 4 km/Minute gezogen werden.



REM-Aufnahme eines Elementarfadens aus E-Glas
SEM photograph showing a continuous fibre of E glass

Das an sich spröde Glas besitzt, zu einem dünnen Faden ausgezogen, eine hohe Flexibilität und Bruchsicherheit. Die Elementarfäden haben einen Titer (Durchmesser) von ca. 9 - 15 µm und ergeben, zu 100 oder mehr gebündelt und mit einer Schutzdrehung versehen, das Filamentgarn, das zu **Glasfilamentgeweben** (früher Glasseidengeweben) weiterverarbeitet wird.

Glassorten

- **E-Glas**, das **meistverwendete** Material mit optimalem Preis-Leistungsverhältnis
- **R, S-Glas**, für erhöhte mechanische Anforderungen
- **D-Glas**, Borsilicatglas für erhöhte elektrische Anforderungen
- **C-Glas**, mit erhöhter chemischer Widerstandsfähigkeit
- **Quarzglas**, mit hoher Temperaturbeständigkeit

Die Sorten R, S, D, C- und Quarzglas sind teils erheblich teurer als E-Glas und nur in größeren Mengen bzw. als Sonderanfertigung erhältlich.

E-Glas

Für die Kunststoffverstärkung haben **E-Glasfasern** die **größte Bedeutung** erlangt. **E** steht für **Elektro-Glas**, da es ursprünglich vor allem in der Elektroindustrie eingesetzt wurde. Für die Produktion von E-Glas werden Glasschmelzen aus reinem Quarz mit Zusätzen aus Kalkstein, Kaolin und Borsäure hergestellt. Sie enthalten neben SiO₂ (Siliciumdioxid) unterschiedliche Mengen verschiedener Metalloxide. Die Zusammensetzung bestimmt die Eigenschaften der Produkte.

R&G liefert ab Lager nur E-Glas-Produkte. Gewebe aus anderen Glassorten werden auftragsbezogen gefertigt.

GLASS FIBRES

*Glass fibres manufactured from E glass are the most common reinforcing material. The physical properties correspond to those of metals (e.g. aluminium alloys), but the **specific gravity** of the **laminates** is lower than that of metals. E glass fibres are incombustible, temperature-resistant up to approx. 400 °C, and resistant to most chemicals and weathering.*

Manufacture

Glass fibres are manufactured with the melt spinning method (mechanical drawing, drawn-rod method, and jet process).

Mechanical drawing *The hot glass mass flows under the effects of gravity through hundreds of nozzle holes in a platinum spinning plate. These continuous fibres can be drawn indefinitely at a speed of three to four kilometres a minute.*

*Drawn out to a thin filament, the glass, otherwise a brittle material, exhibits a high degree of flexibility and fracture strength. The continuous fibres have a so-called titre (in this case diameter) of approx. 9 - 15 µm and, when one hundred or more of them are bundled and secured in a twisted state, yield the filament yarn that is processed to make **glass filament fabrics** (formerly called glass silk fabrics).*

Glass types

- **E glass**, the **most frequently used** material with the optimal price-performance ratio
- **R, S glass**, for greater demands on mechanical properties
- **D glass**, borosilicate glass for greater demands on electrical properties
- **C glass**, with greater resistance to chemical attack
- **Quartz glass**, with high temperature resistance

In some cases, the types R, S, D, C, and quartz glass are considerably more expensive than E glass and available only in larger quantities or as special batches.

E glass

*E glass fibres have gained the **greatest in significance** as a reinforcing material for plastics. The **E** stands for "electro", a reminder that this glass was originally used primarily by the electrical engineering industries. For the production of E glass, the glass melt is manufactured from pure quartz to which limestone, kaolin, and boric acid are added. In addition to SiO₂ (silica) it also contains different quantities of various metal oxides. The composition determines the properties of the products.*

R&G delivers only E glass products ex warehouse. Fabrics of other glass types are manufactured on a job-oriented basis.

Thermische Eigenschaften

Textilglas ist unbrennbar. Werden jedoch Gewebe mit organischen Mitteln ausgerüstet, so wird das Brandverhalten verändert. Es muß dann die Brennbarkeitsbeurteilung am Endprodukt erfolgen. Textilglasgewebe haben eine hohe Restfestigkeit nach Temperaturbeaufschlagung.

Restzugfestigkeit von Geweben aus E-Glas nach 24-stündiger Lagerung bei:

°C	bis / max.200	200	300	400	500	600	700
%	100	98	82	65	46	14	---

Chemische Eigenschaften

Glas ist gegen Öle, Fette und Lösungsmittel beständig und zeigt eine gute Beständigkeit gegen Säuren und Laugen bis zu pH-Werten von 3 - 9. Säuren lösen bestimmte Atome aus der Glasoberfläche heraus, was zu einer Versprödung führt. Laugen tragen die Glasoberfläche langsam ab.

Festigkeitsverlust in % nach 30 Tagen Einwirkzeit:

Loss in strength in % after thirty days' application time:

Medium / Medium	E-Glas / E glass
Essigsäure / Acetic acid	bis 15 % / max 15 %
Salpetersäure / Nitric acid	< 30 %
Salzsäure / Hydrochloric acid	15 - 30 %
Schwefelsäure / Sulphuric acid	< 30 %
Ammoniak / Ammonia	15 - 30 %
Natronlauge / Sodium hydroxide solution	< 30 %
Chlorwasserstoff (nach 30 min.) / Hydrogen chloride (after 30 min)	25 %

Glasfilamentgewebe

Beim Weben sind die in der Textiltechnik üblichen Bindungsarten möglich, meistens Leinwand, Köper und Atlas. Die Eigenschaften werden von der Bindungsart, Garnfeinheit und Einstellung (Fadenzahl/cm) bestimmt.

Alle Gewebe für die Kunststoffverstärkung sind mit speziellen Haftvermittlern imprägniert:

Silangewebe besitzen eine gute Festigkeit; sie eignen sich für Polyester- und Epoxydharze.

Gefinischte Gewebe sind mit modifizierten Silanschichten (z.B. Finish FK 144) ausgerüstet. Sie fühlen sich leicht klebrig an, **tränken** sich schnell mit Harz, sind **sehr anschmiegsam** und fransen beim Schneiden kaum aus.

R&G führt gefinischte Markengewebe von **Interglas-Technologies**.

Die meisten Produkte sind nach den Werkstoffleistungsblättern (WLB) für den Bau von Flugzeugen qualifiziert. Als Matrix wird hauptsächlich Epoxydharz verwendet. Gute Festigkeitswerte können jedoch auch mit Polyester-, Vinylester- und Phenolharzen erreicht werden.

Chemical properties

Textile glass is incombustible. However, the organic agents used in finishing fabrics change this burning behaviour. Combustibility must then be assessed on the end product. Glass textiles have a high residual strength after high temperatures have been applied.

The table below lists the residual tensile strengths of E glass fabrics against temperature after twenty-four hours in storage:

Chemical properties

Glass is resistant to oils, greases, and solvents and exhibits good resistance to acids and alkalis with pH values from 3 to 9. Acids dissolve certain atoms out of the glass surface, causing it to embrittle. Alkalis slowly eat away the glass surface.

Glass filament fabrics

Glass filament fabrics can be manufactured with the weave types usual in textile technologies, in most cases plain, twill, and satin.

The properties are determined by the weave type, the yarn number, and the yarn count (number of threads per cm).

All fabrics for reinforcing plastics are impregnated with special coupling agents.

Silane fabrics exhibit a good strength and are suitable for polyester and epoxy resins.

*Finished fabrics have been treated with modified silane sizes (e.g. the finish FK 144). They feel slightly tacky, become quickly impregnated with resin, are very **soft and smooth**, and scarcely fray when cut.*

*R&G stocks finished brand fabrics from **Interglas-Technologies**.*

Most products have been approved in accordance with the WLB (Werkstoffleistungsblatt, or the German material specifications sheets for the aircraft construction industries). Epoxy resin is the material predominantly used for the matrix. But good mechanical properties can also be obtained with polyester, vinyl ester, and phenolic resins.

Warum gefinischte Glasgewebe?

Glasfilamentgarne werden vom Faserhersteller mit einer Textilschlichte versehen, um das Garn während der Verarbeitungsprozesse (Zetteln, Weben) zu schützen. Diese Schlichte besteht aus Stärke und Ölen und wirkt einer Haftung zwischen Faser und Harz entgegen.

Um eine gute Haftung zu erreichen, wird die Textilschlichte von CS-Interglasgeweben entfernt und das Gewebe nachfolgend mit einem Haftvermittler (Finish) beschichtet. Bei den Haftvermittlern handelt es sich meist um modifizierte Silane, die an das Matrixmaterial angepaßt wurden. Die Verarbeitungseigenschaften der Gewebe wie Drapierbarkeit und Tränkverhalten werden in einem zweiten Finish-Prozess nochmals deutlich verbessert.

Einen Kompromiß zwischen Textilschlichte und Finish stellt die Silanschlichte dar. Der Faden ist hierbei mit einer Schlichte versehen, die haftvermittelndes Silan sowie Gleit- und Schmiermittel als Verarbeitungshilfe enthält. Die Eigenschaften in den textilen Prozessen sind zwar schlechter als diejenigen der Textilschlichte, jedoch erübrigt sich eine Nachbehandlung nach dem Weben.

Verarbeitung

Gefinischte Gewebe sind weicher und geschmeidiger. Beim Laminieren ist die Trängung besser und die Tränggeschwindigkeit bedeutend höher. **Glasklare Laminates** sind daher nur mit gefinischten Geweben zu erreichen.

Festigkeitseigenschaften

Die Haftung der gefinischten Gewebe am Harz ist besser als die von Geweben mit Silanschlichte und bedeutend besser als die von Geweben mit Textilschlichte, besonders nach der Einwirkung von Feuchtigkeit. Eine Trübung von Laminaten aus textilgeschichteten und silangeschichteten Geweben unter Feuchtigkeitseinwirkung verdeutlicht die gestörte Haftung. Ein Maß für die Güte der Haftung ist die interlaminaire Scherfestigkeit (ILS). Aber nicht nur die Scherfestigkeit, sondern auch die Zugfestigkeit wird von der Haftung beeinflusst, da die Verteilung einer eingeleiteten Zugkraft auf die Einzelfasern Schubkräfte verursacht. Die Zugfestigkeit von Silangeweben ist etwas besser (ohne Feuchtigkeit) als bei gefinischten Geweben.

Zusammenfassung

Laminates aus gefinischten Geweben sind in Zugfestigkeit und interlaminaire Scherfestigkeit Laminaten aus Geweben mit Textilschlichte deutlich überlegen. Insbesondere zeigt sich die Überlegenheit in der interlaminaire Scherfestigkeit, die nicht nur die Haftung der einzelnen Gewebelagen untereinander bewertet, sondern auch eine Kennzahl für die Lebensdauer unter Belastung darstellt.

Die etwas bessere Zugfestigkeit von Laminaten aus silangeschichteten Geweben ist in der Praxis meist ohne Bedeutung, da reine Zugbeanspruchung nur selten auftritt und ein Versagen sehr oft durch Delamination und Feuchtigkeitseinflüsse entsteht.

Gefärbte / metallisierte Garne

Durch eine spezielle Oberflächenbehandlung lassen sich Glasfasern "einfärben". R&G liefert standardmäßig einige schwarz eingefärbte Glasgewebetypen, die sich kostensparend als zweite Schicht für Kohlefaser-Sichtlaminates (Carbon-Design) verwenden lassen.

Eine weitere Designvariante sind metallisierte Oberflächen.

Rovings

Textilglasrovings bestehen aus einem oder aus einer bestimmten Anzahl fast parallel liegender Glasspinnfäden, die ohne Drehung zu einem Strang zusammengefaßt sind. Rovings werden zu Rovinggeweben, geschnittenem Textilglas (Glasfaserschnitzeln), Matten und Kurzfasern weiterverarbeitet. Bei verschiedenen Herstellungsverfahren, z.B. beim Wickeln und Profiliziehen (Strangziehen) werden Rovings direkt als Verstärkung verwendet.

Besondere Bedeutung haben die aus Textilglasrovings gefertigten **Rovinggewebe**. Mit ihnen lassen sich dicke Formteile (z.B. im Formenbau) aus wenigen Lagen herstellen. Der Fasergehalt und die Festigkeit ist weitaus höher als bei Mattenlaminaten, jedoch geringer als bei Glasfilamentgeweben.

Why finished glass fabrics?

The manufacturers of fibres treat their glass filament yarns with a textile size that serves to protect the yarn during the manufacturing processes (warping, weaving). This size is a mixture of starch and oils and counteracts adhesion between the fibres and the resin.

So that good adhesion is again made possible, the textile size is removed from the CS-Interglas fabrics, and the fabric subsequently coated with a coupling agent (the finish). In most cases these coupling agents are silanes that have been adapted to the respective matrix materials. The fabric's processing properties such as drapability and impregnating behaviour are given a further boost in a second finishing process.

A compromise between textile size and finish takes the form of silane sizes. Here, the fibre is treated with a size that contains a silane coupling agent as well as various lubricants to aid processing. Although the properties obtained with silane sizes are not as good as those with textile sizes, the fibres do not require post-treatment after weaving.

Processing

*Finished fabrics are softer and smoother and drape more readily. The laminates undergo better impregnation, and the rate of impregnation is considerably higher. **Transparent laminates**, therefore, are possible only with finished fabrics.*

Physical properties

Finished fabrics adhere better to resin than fabrics treated with a silane size and significantly better than fabrics treated with a textile size, in particular after the effects of moisture. Impaired adhesion is clearly indicated by the turbidity that the effects of moisture induce in laminates laid up with textile- or silane-sized fabrics. A measure of adhesive quality is the so-called interlaminar shear strength or ILS. However, the distribution of a tensile force applied to the fibres also gives rise to shear forces, so adhesion directly affects the tensile strength as well. Silane fabrics exhibit a somewhat higher tensile strength (without moisture) than finished fabrics.

Summary

The tensile strength and interlaminar shear strength of laminates laid up with finished fabrics are clearly superior to those of laminates made with textile-sized fabrics. This superiority is particularly evident in the interlaminar shear strength, which not only is an indication of the individual fabric layer's adhesion to each other, but also functions as a characteristic value for the service life under load. In practice, the somewhat higher tensile strength of laminates made with silane-sized fabrics is mostly of very little, if any significance because pure tensile stress occurs but seldom, and failure is often induced by delamination and the effects of moisture.

Coloured / metallised yarns

Glass fibres can be "coloured" in a special surface treatment. R&G supplies as standard a number of glass fibre types that are a cost-cutting alternative as a second ply for carbon designs.

A further design variant is obtained with metallised surfaces.

Rovings

Textile glass rovings consist of one or a certain number of glass strands aligned almost parallel and bundled to form a twist-free cable.

Rovings are processed to make roving fabrics, chopped textile glass (chopped glass fibre strands), mats, and chopped strands. In a number of manufacturing methods, e.g. winding and pultrusion, rovings are used directly as the reinforcing material.

***Roving fabrics** made from textile glass rovings are of particular importance. With these, thick mould parts (e.g. in mould construction) can be made with few plies. Both the fibre content and the strength are greater by far than those of mat laminates, but lower than those of glass filament fabrics.*

Faserspritzrovings zerfallen nach dem Schneiden sofort in Einzelfäden. Rovings zum **Wickeln** und **Handlaminieren** (R&G Glasroving 2400 tex) sind wesentlich feiner und besitzen einen besseren Zusammenhalt.

Textilglasmatten

Textilglasmatten zum Handlaminieren entstehen durch regelloses Schichten von geschnittenen Glasspinnfäden (Schnittmatte). Sie werden durch einen **Binder** verklebt, der sich im **Styrol** des **Polyester-** oder **Vinylesterharzes** löst, so daß die Fasern frei verschiebbar im Harz schwimmen. In anderen Harzen (EP) bleibt die Matte völlig steif.

Geschnittenes Textilglas

Glasrovings werden zur Verarbeitung in Füll- und Preßmassen in verschiedene Längen geschnitten. R&G führt ab Lager die Längen 4,5 und 6 mm. **Textilglas-Kurzfasern** sind auf Längen unter 1 mm zerkleinerte Glasspinnfäden, die in Einzelfasern aufgespalten sind. R&G führt ab Lager eine **gemahlene Glasfaser** mit 0,2 mm Länge.

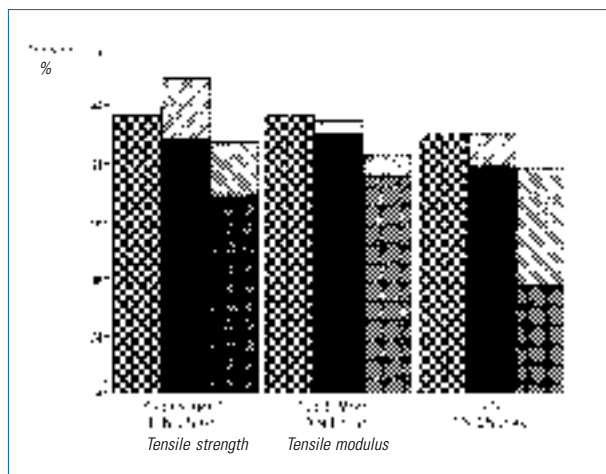
Toxizität und Lagerung

Glasgewebe enthalten keine gesundheitsgefährdenden oder giftigen Stoffe. Aufgrund der Filamentdurchmesser (größer als 4 µm) und der chemischen Struktur des Glases treten nach bisherigen Erkenntnissen keine cancerogenen Wirkungen auf. Die maximal zulässige Arbeitsplatzkonzentration von Glasstaub beträgt 6 mg/m³ (Feinstaub). Bei Transport und Lagerung von Glasgeweben treten keine Gefährdungen auf. Glasgewebe sind gem. Gefahrstoffverordnung nicht kennzeichnungspflichtig, es tritt bei Lagerung und Versand keinerlei Gefährdung von Personen und Umwelt auf. Auch bei höheren Temperaturen zerfällt Glas nicht in toxische Bestandteile und ist daher auch im Brandfall ungefährlich.

Bei der Lagerung von Glasfaserverstärkungen muß bedacht werden, daß die Schlichte feuchtigkeitsempfindlich ist. Trockene, nicht zu kühle Räume sind für eine Aufbewahrung am besten geeignet.

Bei Lagerung in zu kalten Räumen schlägt sich, wenn das Verstärkungsmaterial in warme Arbeitsräume gebracht wird, der in der warmen Luft enthaltene Wasserdampf nieder. In diesem Fall sollte das Glasfasermaterial vorsichtshalber mindestens 8 Stunden vor der Verarbeitung in der Werkstatt gelagert werden.

Festigkeitsverhältnis von Laminaten aus Geweben mit Textilschlichte/Silanschlichte/Finish



Spray-up rovings immediately unravel into their individual fibres after being cut. Rovings for winding and hand lay-up operations (R&G glass roving 2400 tex) are essentially finer and exhibit better coherence.

Textile glass mats

Textile glass mats for hand lay-up operations are the result when chopped glass strands are layered at random (chopped-strand mat). These strands are then "glued" together with a binder that dissolves in the styrene content of the polyester or vinyl ester resin: the fibres are suspended in the resin and can be freely displaced. With other resins (EP), the mat remains completely rigid.

Chopped textile glass

Glass rovings are cut to various lengths for processing in filling and moulding compounds. R&G stocks the lengths 4.5 and 6 mm. Milled glass fibres are glass strands that have been milled to lengths under 1 mm and split into their individual fibres. R&G stocks milled glass fibres with lengths of 0.2 mm.

Toxicity and storage

Glass fabrics do not contain any substances either toxic or otherwise prejudicial to health. According to the latest findings, the filaments' diameter (greater than 4 µm) and the chemical structure of the glass do not have any carcinogenic effects. The maximum permitted workplace concentration of glass dust is 6 mg/m³ (fine dust). There are no risks involved with the transport and storage of glass fabrics. The Gefahrstoffverordnung [toxic chemicals ordinance] specifies that glass fabrics do not need to be labelled: their storage or transport does not give rise to any risks for persons or the environment. Also at higher temperatures, glass does not degrade into toxic constituents and is therefore safe in case of fire.

It must be borne in mind when glass fibre reinforcements are stored that the size is hygroscopic. Dry rooms that are not too cool are the best storage sites.

When the storage room is too cold and the reinforcing material is then brought into warm working areas, the water vapour that the warm air carries will precipitate. As a precaution, the glass fibres should be stored for at least eight hours at the working area before they are processed.

Comparison of strengths between laminates of textile-sized, silane-sized, and finished fabrics

Trockene Laminate

Nach dem Härten 24 Std
Lagerung bei Normaltemperatur
(23 °C, 50% Luftfeuchtigkeit)

Nasse Laminate

Nach dem Härten 2 Std in destilliertem
Wasser kochen

Dry laminates

After curing, store for 24 hr
in standard conditions
(23 °C, 50% r.h.)

Wet laminates

After curing, boil for 2 hr
in distilled water

- Finish I 550 trocken / Finish I 550 dry
- Finish I 550 nass / Finish I 550 wet
- Silane trocken / Silane dry
- Silane nass / Silane wet
- TS trocken / TS dry
- TS nass / TS wet

Daten der E-Glasfaser

Specifications of E glass fibres

Eigenschaften E-Glas / Properties	Einheit / Unit	E-Glas / E glass
Dichte / Density	g/cm ³ /20 °C	2.6
Zugfestigkeit / Tensile strength	MPa	3400
E-Modul / Modulus of elasticity	GPa	73
Bruchdehnung / Elongation at break	%	3.5 - 4
Querkontraktionszahl / Poisson ratio	—	0.18
Spez. elektrischer Widerstand / Resistivity	Ω·cm / 20 °C	10 ¹⁵
Dielektrizitätskonstante / Dielectric constant	10 ⁶ Hz	5.8 - 6.7
Therm. Ausdehnungskoeffizient / Coefficient of thermal expansion	10 ⁻⁶ K ⁻¹	5
Chemische Zusammensetzung (Richtwerte) / Chemical composition (approximate values)		
SiO ₂	%	53 - 55
Al ₂ O ₃	%	14 - 15
B ₂ O ₃	%	6 - 8
CaO	%	17 - 22
MgO	%	< 5
K ₂ O, Na ₂ O	%	< 1
Andere Oxide / Other oxides	%	ca./approx. 1

Blick in die Weberei der CS-Interglas AG

A look at the weaving mill run by CS-Interglas AG



Schlichtemaschine zur Ketherstellung
Sizing machine for manufacturing warps



Wendewickler - Einlauf in die Finish-Anlage
Rotary winder - infeed into the finishing system

Bezeichnungsbeispiel nach DIN 60 850 und ISO 2078
Some example designations according to DIN 60 850 and ISO 2078

	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
Glasfilamentgarne Glass filament yarns	E	C	9 -	68	Z 28			
Glasfilamentzwirn Glass filament thread	E	C	9 -	136	Z 28	x 2	S 135	
gefachtes Glasfilamentgarn Multiple wound glass filament yarn ^E	E	C	9 -	136	Z 28	x 5	t 0	
texturiertes Glasfilamentgarn Textured wound glass filament yarn ^E	E	C	9 -	136				T 145
Stapelfasergarn Staple fibre yarn	C	D	9 -	125	Z 110			

- 1) Bezeichnung der Glasart E = E-Glas, C = C-Glas / Glass type designation: E = E glass, C = C glass
- 2) Kurzzeichen der Faserform C = Endlosfasern, D = Stapelfasern / Fibre form abbreviation: C = continuous fibres, D = staple fibres
- 3) Filamentdurchmesser in µm / Filament diameter in µm
- 4) Garnfeinheit in tex / Yarn number in tex
- 5) Drehungsrichtung und -anzahl je m des Garns / Direction and number of twists per yarn metre
- 6) Anzahl der gezwirnten bzw. gefachten Einzelgarne / Number of twisted or multiple wound yarns
- 7) Drehungsrichtung und -anzahl je m der Zwirnung (t 0 = ohne Drehung) / Direction and number of twists per twisted metre (t 0 = no twisting)
- 8) Resultierende Garnfeinheit nach dem Texturieren in tex / Yarn number after texturing in tex

8.18



ARAMIDFASERN

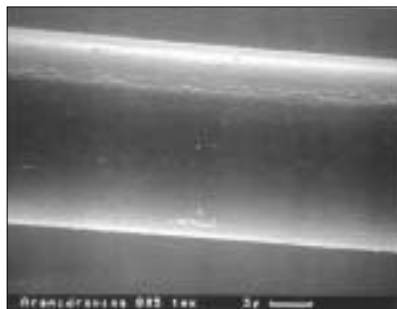
Aromatisches Polyamid (Aramid) wurde 1965 von der Firma DuPont entdeckt und unter dem Namen **Kevlar®** zur Marktreife entwickelt.

Aramidfasern besitzen eine hohe spezifische (gewichtsbezogene) Festigkeit, niedrige Dichte, hohe Schlagzähigkeit, gute Wärmebeständigkeit und Dimensionstabilität, gute Schwingungsdämpfung und ein hohes Arbeitsaufnahmevermögen.

Senkrecht zur Faserlängsachse ist die Festigkeit relativ gering. Demnach sind die Querfestigkeit und die Druckfestigkeit von Aramidfaserkunststoff, verglichen mit GFK oder CFK, wesentlich niedriger (z.B. interlaminaire Scherfestigkeit ca. 50 % der Materialfestigkeit).

Herstellung

Aramid-Hochmodulfasern werden aus einer flüssigkristallinen Lösung von polyparaphenylenen Terephthalamiden in konzentrierter Schwefelsäure versponnen. Nach der Oberflächenbehandlung werden HM-Fasern zusätzlich mechanisch gereckt, wobei ein hoher Orientierungsgrad der Einzelfibrillen erreicht wird.



REM-Aufnahme eines Elementarfadens aus Aramid.
SEM photograph of a continuous aramid fibre.

Aramidarten

Hochmodulfasern wie Kevlar® 49 oder Twaron® HM werden hauptsächlich für schlag- und stoßbeanspruchte, verschleißfeste Leichtbauteile eingesetzt.

Niedermodulfasern wie Kevlar® 29 oder Twaron® LM werden für die weiche und harte Ballistik (Schußwesten und Panzerungen) verwendet.

Feuchtigkeitsaufnahme

Aramidfasern neigen zur Feuchtigkeitsaufnahme. Nach Werkstoffleistungsblatt dürfen Aramidgewebe für die Luft- und Raumfahrt bis zu 3 % Feuchtigkeit enthalten.

Nach längerer, ungeschützter Lagerung kann die Wasseraufnahme bis zu 7 % betragen, weshalb solche Gewebe vor der Verarbeitung im Ofen bei 120 °C ca. 1 - 10 Stunden zu trocknen sind.

Dimensionsstabilität

Ähnlich wie Kohlenstofffasern weisen Aramidfasern einen **negativen Wärmeausdehnungskoeffizienten** in Faserlängsrichtung auf. Die Faser verkürzt sich in der Wärme, während sich das Matrixharz dehnt. Durch diese gegenläufigen Kräfte weist SFK bei erhöhten Temperaturen eine **hohe Maßhaltigkeit** auf.

ARAMID FIBRES

*Aramid, a portmanteau word formed from "aromatic polyamide", was discovered in 1965 by the DuPont company, which then developed and marketed it under the name **Kevlar®**.*

Aramid fibres exhibit a high specific (or weight-based) strength, low density, high impact strength, good heat resistance and dimensional stability, good vibration damping, and a high energy absorption capacity.

The strength is relatively low transverse to the fibres. Accordingly, the transverse and compressive strengths of aramid-fibre-reinforced plastic, compared with GRP or CRP, are considerably lower (e.g. the interlaminar shear strength is approx. 50% of the material's strength).

Manufacture

High modulus aramid fibres are spun from a liquid-crystalline solution of polyparaphenylene terephthalamides in concentrated sulphuric acid.

After surface treatment, the HM fibres are subjected to additional mechanical drawing so that the single fibrils are all oriented to a high degree.

Aramid types

High modulus fibres such as Kevlar® 49 or Twaron® HM are used predominantly for high-impact, wear-resistant lightweight components.

Low modulus fibres such as Kevlar® 29 or Twaron® LM are used for hard and soft ballistic materials (bulletproof vests and armouring).

Moisture absorption

Aramid fibres tend to absorb moisture. According to the WLB (material specifications sheet), aramid fabrics intended for aerospace applications must not contain more than 3% by weight of moisture.

After a longer period of unprotected storage the water content can be as high as 7%, a reason why these fabrics must be dried in an oven at 120 °C for about one to ten hours before they are processed.

Dimensional stability

*Similar to carbon fibres, aramid fibres exhibit a **negative coefficient of thermal expansion** along the fibres. The fibres contract at high temperatures whereas the matrix resin expands.*

*Owing to these opposed forces, SRPs exhibit **high dimensional stability** at raised temperatures.*

Thermische Eigenschaften

Aramide sind entflammbar, jedoch bei Entfernen der Feuerquelle selbstverlöschend. Die Fasern schmelzen nicht und weisen eine gute flammhemmende Wirkung auf. Die Wärmeleitfähigkeit ist gering. Bei höheren Temperaturen beginnen Aramide zu verkohlen, aber sie weisen auch nach mehrtägiger Belastung mit Temperaturen um 250 °C noch eine Restzugfestigkeit von 50 % auf.

Chemische Eigenschaften

Gute Beständigkeit gegen Lösemittel, Kraftstoffe, Schmiermittel, Salzwasser etc.; von einigen starken Säuren und Laugen werden Aramidfasern angegriffen. Sie sind widerstandsfähig gegen den Angriff von Pilzen und Bakterien.

UV-Stabilität

Aramidfasern sind empfindlich gegen UV-Strahlung. Zunächst erfolgt eine sichtbare Verfärbung vom ursprünglichen hellen Gelb in einen bronzebraunen Farbton. Nach längerer Einwirkung verliert die Faser bis zu 75 % an Festigkeit. Aramidlaminat sollten möglichst mit einer UV-absorbierenden Deckschicht versehen werden. Dazu eignet sich praktisch jedes kräftig eingefärbte Deckschichtharz.

Schichten

Für Aramidfasern stehen noch keine chemisch wirkenden Haftvermittler zur Verfügung. Die zum Schutz der Faser aufgetragene Webschicht vermindert zunächst die Haftung Harz : Faser.

Gewebe für die Luft- und Raumfahrt werden daher nach der Herstellung gewaschen. Die Gewebe sind somit entschlichtet, das Harz haftet direkt auf der Faser. Ungewaschene, etwas preisgünstigere Gewebe sind nur für weniger anspruchsvolle Anwendungen zu empfehlen.

Aramidgewebe unter 35 g/m² werden aus qualitativen Überlegungen heraus nicht gewaschen, da sich das Webbild ändern kann.

Matrixharze

Aufgrund der relativ guten Harz/Faserhaftung werden Epoxydharze bevorzugt. Aminverbindungen, die in praktisch allen Härterssystemen von R&G enthalten sind, weisen eine besondere Affinität zur Faseroberfläche auf.

Verarbeitung

Aramidfasern sind relativ unempfindlich gegenüber Beschädigungen während der Verarbeitung. Es kommen daher alle gängigen Verarbeitungsverfahren in Betracht (Handlaminat, Wickeln, Pressen, Stranziehen etc.).

Aufgrund der hohen Faserzähigkeit werden zum Bearbeiten von Aramidgeweben **microverzahnte Speziälscheren** benötigt.

Zum Bearbeiten fertiger Laminat kommen ebenfalls nur hochwertige Metallbearbeitungswerkzeuge in Frage. Neben feingezahnten Sägen hat sich das Hochdruck-Wasserstrahlschneidverfahren (Water-Jet-Verfahren) zum Besäumen fertiger Bauteile am besten bewährt.

Beim Bohren und Fräsen weist die Oberfläche einen "Flaum" aus Aramidfasern auf. Für optimale Ergebnisse werden Spezialwerkzeuge benötigt.

Sofern die Oberfläche von Aramidlaminat später geschliffen werden soll, kann als Schleifschicht zuvor ein Glasgewebe einlaminiert werden.

Kevlar® = DuPont; Twaron® = Teijin Twaron

Thermal properties

Aramids are flammable, but self-extinguishing as soon as the source of the fire is removed. The fibres do not melt and exhibit good flame-retardant effects. The thermal conductivity is low. At higher temperatures aramids start to carbonise, but still exhibit a residual tensile strength of 50% even after several days at temperatures of 250 °C.

Chemical properties

Good resistance to solvents, fuels, lubricants, salt water, etc., but a number of strong acids and alkalis attack aramid fibres. They are resistant to attack by fungi and bacteria.

UV resistance

Aramid fibres are sensitive to UV radiation. First of all, the original light yellow undergoes visible discolouration and becomes a brownish bronze. After longer exposure times, the fibres lose up to 75% of their strength. Whenever possible, a UV-absorbing overlay should be applied to aramid laminates. Virtually any full-coloured overlay resin is suitable.

Sizing

At present there are still no chemical coupling agents available for aramid fibres. The weaving size applied as a protective coat to the fibres first prevents adhesion between the resin and the fibres.

So fabrics intended for aerospace applications are washed after their manufacture, i.e. the fabrics are desized, and the resin adheres directly to the fibres.

Unwashed fabrics are available at lower prices and are recommended for less demanding applications only.

For reasons of quality assurance, aramid fabrics under 35 g/m² are not washed: otherwise the weave may undergo change.

Matrix resins

Owing to the relatively good adhesion between the resin and the fibres, preference is given to epoxy resins. Amine compounds, which are constituents of virtually all of the hardener systems available from R&G, exhibit a particular affinity to the surface of these fibres.

Processing

Aramid fibres are relatively insensitive to damage during processing. Consequently, all of the conventional processing methods can be applied (hand lay-up operations, winding, press moulding, pultrusion, etc.).

Owing to the high toughness of their fibres, aramid fabrics must be cut with special micro-toothed shears.

Consequently, high-quality metalworking tools are the only adequate tools for cutting the ready-made laminates as well. Besides fine-tooth saws, also high-pressure water jet cutting (water-jet machining) has proved the best method for trimming ready-made components.

Drilling or milling the surface causes the aramid fibres to fluff. Special tools must be used if the optimal results are to be obtained.

When the surfaces of aramid laminates have to be ground in a subsequent process, a glass fabric can be added to the laminations to serve as the grinding coat.

Kevlar® = DuPont; Twaron® = Teijin Twaron



Daten der Aramidfasern

Specifications of aramid fibres

Aramid <i>Aramid</i>	Einheit <i>Unit</i>	Niedermodul (LM) <i>Low modulus (LM)</i>	Hochmodul <i>High modulus (HM)</i>
Dichte / <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	1,44	1,45
Zugfestigkeit / <i>Tensile strength</i>	MPa	2800	2880
Zug E-Modul / <i>Tensile modulus</i>	GPa	59	100
Bruchdehnung / <i>Elongation at break</i>	%	4	2,8
spez. elektrischer Widerstand / <i>Resistivity</i>	Ω/cm/20 °C	10 ¹⁵	10 ¹⁵
Therm. Ausdehnungskoeffizient / <i>Coefficient of thermal expansion</i>	10 ⁻⁶ K ⁻¹	-2,3	-3,5
Wärmeleitfähigkeit / <i>Thermal conductivity</i>	W/mK	0,04	0,04
Zersetzungstemperatur / <i>Degradation temperature</i>	°C	550	550
Feuchtigkeitsaufnahme (20 °C, 65 % rel. Luftfeuchte) <i>Moisture absorption (20 °C, 65 % relative humidity)</i>	%	7	3,5
Herstellerbezeichnung / <i>Manufacturer's designation</i>	DuPont, Teijin Twaron	Kevlar® 29, Twaron®	Kevlar® 49 / Twaron® HM

Werkstoffvergleich

Materials compared

Verbundwerkstoffe aus Aramid HM im Vergleich zu GFK
Composites of HM aramid compared with GRP

Gewichtersparnis <i>Weight saving</i>	25 - 40 %	25 - 40 %
Steifigkeitsgewinn <i>Increase in rigidity</i>	Bis zu 60 %, da aufgrund niedriger Dichte bei gleichem Gewebegewicht 80 % höhere Laminatdicke.	<i>Up to 60 %: lower density increases laminate thickness by 80 % for the same fabric weight</i>
Sicherheitsgewinn <i>Increase in safety</i>	Metallähnliches Ermüdungsverhalten, begrenzte Rißausbildung, ermüdungsbeständig, gute Schwingungsdämpfung	<i>Fatigue behaviour similar to metals, restricted crack development, resistant to fatigue, good vibration damping</i>



Im Sportgerätebau wird Aramid für schlagzähe Laminat eingesetzt.
Aramid is used for high-impact resistant laminates in the design of sports equipment



Ballistischer Weichschutz (Kevlar® 29)
Soft ballistic protection (Kevlar® 29)



Aramidlaminat in der Tragfläche eines UL-Nurflüglers
Aramid laminate in the structure of an ultralight flying wing

8.22



KOHLENSTOFFASERN (CARBON)

Kohlenstoffasern wurden (als Glühlampendraht) erstmals im 19. Jahrhundert durch Verkokung von Kunstseide erzeugt.

Erst viel später, gegen Ende der 60er Jahre kamen **Kohlenstoff-Verstärkungsfasern** in geringen Mengen und zu hohen Preisen (um 1500,- EUR / kg) auf den Markt. Zunächst waren lediglich Rovings (endlose Faserstränge) verfügbar, die in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt wurden.

Seit etwa 1975 werden Kohlenstoffasern weltweit in industriellem Maßstab gefertigt und zu vielfältigen **textilen Verstärkungsmaterialien** verarbeitet.

Tenax®

Tenax® ist eine aus Polyacrylnitril (PAN) Precursor hergestellte Hochleistungskohlenstofffaser, die sich durch hohe Festigkeit, hohen Elastizitätsmodul und niedrige Dichte auszeichnet.

Seit 10 - 15 Jahren wird die Kohlenstofffaser in wachsendem Umfang in Hochleistungsverbundwerkstoffen eingesetzt. Dieser moderne Werkstoff wird mittlerweile in vielen Industriezweigen, wie z.B. der Luftfahrtindustrie, dem Maschinenbau, der Automobilindustrie, dem Schiffbau, der Medizintechnik, der Windenergie, der Off-Shore- und nicht zuletzt der Sportartikelindustrie eingesetzt.

Die Tenax® Kohlenstofffaser hat durch ihre bewährten Eigenschaften im Verbundwerkstoff in Verbindung mit einem äußerst kundenorientierten kommerziellen und technischen Service eine führende Marktposition in Europa erobern können. In Kombination mit einem ausgereiften Massenproduktionsprozess kann Tenax Fibers immer neue Anwendungen für die Kohlenstofffaser erschließen. Daher stehen Tenax® Kohlenstoffasern an vorderster Stelle, wenn eine kosteneffiziente Anwendung von Carbon verlangt wird.

Eigenschaften

Mechanische und dynamische Eigenschaften

- Hohe Festigkeit
- Hoher Elastizitätsmodul
- Niedrige Dichte
- Geringe Kriechneigung
- Gute Schwingungsdämpfung
- Geringe Materialermüdung

Die Festigkeiten übertreffen die der meisten Metalle und anderer Faserverbundwerkstoffe. Die Dehnung von CFK ist **vollelastisch**, **Ermüdungsbeständigkeit** und **Vibrationsdämpfung** sind hervorragend.

Chemische Eigenschaften

- Chemisch inert
- Nicht korrosiv
- Hohe Beständigkeit gegen Säuren, Alkalien und organische Lösungsmittel

Chemisch sehr inert, hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber den meisten Säuren, Alkalien und Lösungsmitteln. Kohlenstoffasern nehmen praktisch kein Wasser auf.

CARBON FIBRES

*The first carbon fibres were manufactured in the nineteenth century when artificial silk (today called rayon) was carbonised to produce filaments for incandescent lamps. Not until much later, towards the close of the sixties, did **reinforcing carbon fibres** make an entry on the market – in small quantities and at staggeringly high prices (about EUR 1,500 per kilogram).*

*The first of these carbon fibres were available solely in the form of continuous rovings that were used in the aerospace industries. Since about 1975 carbon fibres are being produced throughout the world on an industrial scale and processed to serve as flexible **textile reinforcing materials**.*

Tenax®

Tenax® is a high-performance carbon fibre that is produced from a polyacrylonitrile (PAN) precursor and whose characteristic features are high strength, high modulus of elasticity, and low density. Over the last ten to fifteen years, the proportion of carbon fibres in high-performance composites has been experiencing a steady growth. This new material is now being used in many branches of industry, e.g. aviation, machine construction, car manufacture, shipbuilding, medical engineering, wind energy, offshore installations, and - not least of all - sports articles.

With its tried-and-tested properties in the composite in conjunction with highly customer-oriented commercial and technical services, Tenax® carbon fibres have succeeded in adopting a leading market position in Europe.

In combination with a matured mass production process, the Tenax Fibers company is constantly developing new applications for carbon fibres. So Tenax® carbon fibres are at the top of the list whenever applications demand carbon for cost-effectiveness.

Properties

Mechanical and dynamic properties

- High strength
- High modulus of elasticity
- Low density
- Low tendency to creep
- Good vibration damping
- Low material fatigue

*The strength values exceed those of most metals and other fibre composites. CRP exhibits **fully elastic** elongation as well as outstanding **fatigue strength** and **vibration damping**.*

Chemical properties

- Chemically inert
- Non-corrosive
- Highly resistant to acids, alkalis, and organic solvents

Highly inert with respect to chemicals and highly resistant to most acids, alkalis, and solvents, carbon fibres absorb practically no water.

Thermische Eigenschaften

- Geringe Wärmeausdehnung
- Geringe Wärmeleitfähigkeit

Sehr niedriger thermischer Ausdehnungskoeffizient, der CFK eine hohe Maßstabilität verleiht.

Kohlenstoffasern sind unbrennbar. Sie sind unter Sauerstoffabschluß stabil bis 3000 °C, mit Sauerstoff erfolgt ab ca 400 °C eine Oxidation, die zu Festigkeitsverlusten führt.

Elektromagnetische Eigenschaften

- Geringe Röntgenstrahlenabsorption
- Nicht magnetisch

Elektrische Eigenschaften

- Gute elektrische Leitfähigkeit

Werkstoffvergleich

Eine Tabelle mit den Festigkeiten gebräuchlicher Werkstoffe finden Sie auf **Seite 8.29**.

Bei Leichtbauteilen entscheidet eine mit herkömmlichen Werkstoffen vergleichbare Festigkeit bei **geringerem Gewicht** über die Verwendung. Bei gleichem Gewicht hat CFK die fünffache Zugfestigkeit und Steifigkeit von Stahl. **1 kg CFK kann 5 kg Stahl ersetzen.**

Herstellung

C-Fasern bestehen zu über 95 % aus reinem Kohlenstoff.

Elementarer, reiner Kohlenstoff, kommt in der Natur in Form von Graphit oder Diamant vor, ist unlöslich und unschmelzbar und scheidet daher als Rohstoff zur Kohlefaserproduktion aus.

Kohlenstoffasern entstehen durch Pyrolyse (Verkokung) nicht schmelzbarer Kohlenstoff-Polymerfäden. Das technisch bedeutsamste Verfahren ist das Verkoken von Polyacrylnitril. Die Ausgangsfäden (Precursor genannt) enthalten eine durchgehende Kohlenstoffkette (-C-C-C-C-C-).

Nach dem Spinnen der PAN-Faser werden die verknäuelten Polymerketten durch Verstrecken zur Faserrichtung ausgerichtet.

Die **Umwandlung** zur Kohlenstofffaser erfolgt in drei Stufen:

- Die Voroxidation findet in O₂-haltiger Atmosphäre bei 200 - 300 °C statt, wobei die Faser unter Vorspannung gehalten wird;
- Die Pyrolyse (Carbonisierung) erfolgt bei 800 - 1500 °C unter Inertgasatmosphäre;
- Anschließend ist noch eine Hochtemperaturbehandlung bei 2000 - 3000 °C möglich.

Temperaturhöhe und Vorspannung bestimmen die Eigenschaften, da hiervon ein maßgeblicher Einfluß auf den Orientierungsgrad der C-Ketten ausgeht.

Thermal properties

- Low thermal expansion
- Low thermal conductivity

As a result of its very low coefficient of thermal expansion, CRP exhibits a high dimensional stability.

Carbon fibres are incombustible. With the exclusion of oxygen they are stable at temperatures up to 3000 °C; on exposure to oxygen they suffer losses in strength from approx. 400 °C owing to the effects of oxidation.

Electromagnetic properties

- Low X-ray absorption
- Non-magnetic

Electrical properties

- Good conductivity

Materials compared

*A table listing the strength values of the conventional materials can be found on **page 8.29**.*

*The decisive factor affecting the use of these materials in lightweight components is the **lower weight** exhibiting a strength comparable to the conventional materials. The same weight of CRP has five times the tensile strength and rigidity of steel: **1 kg of CRP can replace 5 kg of steel.***

Manufacture

Ninety-five per cent of carbon fibres is made up of pure carbon.

Elementary, pure carbon is found in nature in the form of graphite or diamond, is insoluble and infusible, and is therefore unsuitable as a raw material for the production of carbon fibres.

Carbon fibres are the result when infusible carbon polymer fibres pyrolyse (carbonise). The most important method used for this technology involves the carbonisation of polyacrylonitrile. The initial, or precursor fibres contain a long unbroken chain of carbon atoms (-C-C-C-C-C-).

After the PAN fibres have been spun, the coils of polymer chains are drawn to align them in the direction of the fibres.

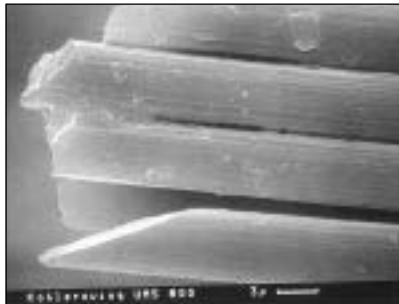
*The **conversion** to carbon fibres takes place over three stages:*

- *The fibres are kept under tension and pre-oxidised at 200 - 300 °C in an atmosphere containing O₂*
- *The fibres are then pyrolysed (carbonised) at 800 - 1500 °C in an inert gas atmosphere.*
- *The third and final stage involves an optional high-temperature treatment at 2000 - 3000 °C.*

The temperature level and the initial tension exercise a decisive effect on the carbon chains' degree of orientation and therefore the end product's final properties.

Die Faseroberfläche ist sehr groß: bei einem Faserdurchmesser von 7 µm und einem Faservolumenanteil von 50 % ergibt sich für 1 cm³ Laminat eine **rechnerische Faseroberfläche** von 2800 cm².

The surface of the fibres is very large: a fibre diameter of 7 µm and a fibre volume fraction of 50% yield a **theoretical fibre surface** of 2800 cm² for every 1 cm³ of laminate.



REM-Aufnahme der Bruchstücke von Elementarfäden aus Kohlefaser UMS

SEM photograph showing the broken ends of continuous UMS carbon fibres



Microstruktur der Kohlefaser auf Basis von Polyacrylnitril (PAN)

The microstructure of polyacrylonitrile-based (PAN-based) carbon fibres

Gängige Tenax®-Fasertypen

Conventional Tenax® fibre types

Filamentgarn HTA und HTS

HTA and HTS filament yarn

Dies ist die klassische Tenax® Hochleistungskohlenstofffaser Type. Seit Anfang der achtziger Jahre hat sich die HTA Faser einen Namen in einer Vielzahl von unterschiedlichen Anwendungen in der Luftfahrt- und Freizeitindustrie gemacht. Diese "High Tenacity" (HT) Faser liefert exzellente und ausgewogene mechanische Lamineigenschaften unter Zug- und Druckbeanspruchung.

These are the classical types of Tenax® high-performance carbon fibres. Since the beginning of the eighties, the HTA fibre has been making a name for itself in a large number of different applications in the aviation and leisure industries. This so-called high-tenacity fibre yields a laminate with excellent and well-balanced mechanical properties under both tensile and compressive stress.

Nicht um sonst war die **Tenax® HTA** Kohlenstoffasertyp eine der ersten Kohlenstofffasern, die in der zivilen Luftfahrt eingesetzt wurde. Wie zum Beispiel für das Höhen- und Seitenleitwerk, Fußboden, Ruder und Klappen, Triebwerk-Abdeckungen und anderen Bauteile im Airbus. Weitere bedeutende Anwendungen der HTA Faser sind in der Herstellung von Bauteilen für Helikopter und modernen Segelflugzeugen.

Owing to these outstanding properties, the **Tenax® HTA** carbon fibre type was one of the first carbon fibres to find application in the aviation industries, for example in the elevator assembly, vertical tailplane, floor, rudder and flaps, engine covers, and other components for the airbus. Some further important applications for HTA fibres can be found in the manufacture of components for helicopters and modern gliders.

Die **Tenax® HTS** Faser ist eine weiterentwickelte HT-Faser Variante mit erhöhten mechanischen Eigenschaften und erhöhter Anzahl an Filamenten (12K und 24K). Ansonsten bietet die Tenax® HTS Faser ein ebenso gutes Eigenschaftsprofil wie die guteingeführte HTA Faser.

The **Tenax® HTS** fibre is an advanced development of the HT fibre and exhibits greater mechanical properties and a higher number of filaments (12 K and 24 K). In all other aspects the Tenax® HTS fibre offers a range of properties as equally good as the well-established HTA fibre.

Eigenschaften (Richtwerte)

Properties (approximate values)

Dichte (g/cm ³)	1,77
Zugfestigkeit (MPa)	3950 (HTS: 4300)
Zug-E-Modul (GPa)	238
Bruchdehnung (%)	1,5
Spezifische Wärmekapazität (J/kg·K)	710
Wärmeleitfähigkeit (W/m·K)	17
Wärmeausdehnungskoeffizient (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	-0,1
Spez. elektrischer Widerstand (Ω·cm)	1,6 x 10 ⁻³

Dichte (g/cm ³)	1.77
Tensile strength (MPa)	3950 (HTS: 4300)
Tensile modulus (GPa)	238
Elongation at break (%)	1.5
Specific heat capacity (J/kg·K)	710
Thermal conductivity coefficient (W/m·K)	17
Coefficient of thermal expansion (10 ⁻⁶ K ⁻¹)	-0.1
Resistivity (Ω·cm)	1.6 x 10 ⁻³

Filamentgarn UMS

Die Tenax® UMS, "Ultra High Modulus" (UM) Faser ist für Anwendungen geeignet, wo eine überlegene Steifigkeit erforderlich für die Leistungsfähigkeit des Bauteils ist. Vor allem Konstruktionen wie Satellitenstrukturen, Antennen oder Wellen und Walzen erfordern die außergewöhnlichen Eigenschaften der Tenax® UMS Fasern. Aber auch Sportgeräte wie Angelruten und Bootsmasten können erst mit Hilfe der Tenax® UMS Faser ihre volle Leistungsfähigkeit entfalten.

Eigenschaften (Richtwerte)

Dichte (g/cm ³)	1,78
Zugfestigkeit (MPa)	4560
Zug-E-Modul (GPa)	395
Bruchdehnung (%)	1,1

Gängige Torayca®-Fasertypen

Filamentgarn T 300 / T300J

Dies ist die klassische Torayca® Hochleistungskohlenstofffaser Type.

Eigenschaften (Richtwerte)

Dichte (g/cm ³)	1,76/1,78
Zugfestigkeit (MPa)	3530/4210
Zug-E-Modul (GPa)	230
Bruchdehnung (%)	1,5/1,8

Andere Fasertypen

Sumitomo Dialead K63712

Diese Fasertypen wird momentan nur bei den UD-Gelegen verwendet (R&G Bestell-Nr. 190 254-X Kohlegelege UHM 250 g/m²).

Eigenschaften (Richtwerte)

Dichte (g/cm ³)	2,12
Zugfestigkeit (MPa)	2600
Zug-E-Modul (GPa)	640
Bruchdehnung (%)	0,4 %

Fadenkonstruktion bei Kohlefasern

- 1 K = 1000 Filamente pro Faden
- 3 K = 3000 Filamente pro Faden
- 6 K = 6000 Filamente pro Faden

1 K wird z.B. verarbeitet für Kohlegewebe 93 g/m², 3 K für Kohlegewebe 160, 204, 245 g/m².

Die Verarbeitung

In der Verarbeitung zu Laminaten sind Kohlenstofffasern mit Textilglasprodukten vergleichbar. Schichtweise wird das zugeschnittene Gewebe z.B. mit Epoxidharz getränkt, und so ein Laminat hergestellt.

Im Gegensatz zu Glasgewebe, das bei richtiger Benetzung transparent wird, bleibt die Kohlefaser gleichmäßig schwarz. Luftblasen und ungetränkte Stellen lassen sich nicht erkennen. Fehlstellen müssen durch **sorgfältiges Arbeiten** mit Pinsel und Mohairwalze vermieden werden.

Das Laminierharz sollte auf Raumtemperatur (20 °C) erwärmt sein, damit es dünnflüssig genug ist, die Fasern vollständig zu benetzen. Eine gute Benetzung, **ohne Lufteinschlüsse**, ist für die Endfestigkeit entscheidend.

UMS filament yarn

Tenax® UMS is an ultra-high modulus (UM) fibre and is suitable for applications that demand superior rigidity for the performance of a component. Above all, constructions such as satellite structures, aerials, shafts, and rollers are today unthinkable without the exceptional properties imparted by Tenax® UMS fibres. Yet also sports equipment such as fishing rods and boat masts cannot develop their full potential without the assistance of Tenax® UMS fibres.

Properties (approximate values)

Density (g/cm ³)	1.78
Tensile strength (MPa)	4560
Tensile modulus (GPa)	395
Elongation at break (%)	1.1

Conventional Torayca® fibre types

T 300 / T 300J filament yarn

These are the classical types of Torayca® high-performance carbon fibres.

Properties (approximate values)

Density (g/cm ³)	1.76 / 1.78
Tensile strength (MPa)	3530 / 4210
Tensile modulus (GPa)	230
Elongation at break (%)	1.5 / 1.8

Other fibre types

Sumitomo Dialead K63712

At present, this fibre type is used only in unidirectional inlays (R&G order no. 190 254-X, UHM carbon inlay, 250 g/m².)

Properties (approximate values)

Density (g/cm ³)	2.12
Tensile strength (MPa)	2600
Tensile modulus (GPa)	640
Elongation at break (%)	0,4 %

Thread construction with carbon fibres

- 1 K = 1,000 filaments per thread
- 3 K = 3,000 filaments per thread
- 6 K = 6,000 filaments per thread

For example, 1 K is used for 93 g/m² carbon fabrics, 3 K for 160, 204, and 245 g/m² carbon fabrics.

Processing

When processed to make laminates, carbon fibres can be compared with textile glass products. Each layer of cut fabric is impregnated e.g. with epoxy resin to produce a laminate.

In contrast to glass fabrics, which become transparent when properly wetted, carbon fibres remain a uniform black. Air bubbles and inadequately impregnated sites cannot be detected visually. **The work must be performed carefully** with a brush and mohair roller to prevent such voids.

The laminating resin should be heated to room temperature (20 °C) if its viscosity is to be low enough to wet the fibres completely. Thorough wetting without air inclusions is decisive for the final strength.



Spezifikation

R&G liefert Gewebe und Rovings hauptsächlich aus Tenax Kohlenstoffasern. Die meisten Breitgewebe sind nach DIN 65 147 T1 und T2 (Luftfahrtnorm) und den QSF-B-Richtlinien (Qualitätssicherungs-System der Luftfahrt) hergestellt.

Hybridgewebe / Designgewebe

Mischfasergewebe können sich in ihren Eigenschaften ergänzen und sind für bestimmte hochbelastete Bauteile (z.B. Motorrad-Rennverkleidung, Schiffmodellrumpfe, Surfboards etc.) besonders zu empfehlen. Ein Kohle/Aramid-Laminat erhält durch die Kohlefaser eine hohe Steifigkeit und eine gute Druckfestigkeit, durch die Aramidfaser wird eine erhöhte Schlagzähigkeit erzielt (siehe Tabelle Seite 8.29). Üblich sind die Kombinationen Kohlenstoff/Aramid, Kohlenstoff/Glas und Kohlenstoff/Dyneema®.

Auch als Designgewebe werden diese Mischgewebe verarbeitet. Kohle/Aramid ist gelb/schwarz, Kohle Dyneema weiß/schwarz. Lediglich Kohle/Glas wirkt meist nicht besonders attraktiv, da die Glasfaser im Laminat transparent ist. Spezielle **Designgewebe** wie das R&G Kohlegewebe 245 g/m² sind mit blauen und roten Schußfäden lieferbar. Insbesondere im hochwertigen Fahrzeugbau werden diese Gewebetypen für sichtbare Carboneile verwendet.

Haftvermittler

Um eine möglichst gute Haftung des Harzes auf der Faser zu erreichen, sind alle R&G Kohlegewebe mit einer **epoxydhaltigen Präparation** imprägniert. Der Anteil liegt bei 1,3 % des Gewebegewichtes. Als Matrix empfehlen wir Epoxydharze, eine Verarbeitung mit Polyesterharzen ist jedoch auch möglich.

Schiebeverfestigung

Um das Auslösen von Fäden beim Schneiden zu verhindern, kann das Gewebe bei der Herstellung mit einem zusätzlich aufgetragenen, harzfreundlichen Binder schiebeverfestigt werden. Die **Drapierfähigkeit** bleibt dabei **weitestgehend erhalten!** R&G liefert das Kohlegewebe 245 g/m² optional auch mit dieser Schiebeverfestigung. Vorteile bietet dieses Material vor allem bei der Herstellung von Sicht-Carboneilen und beim Zuschneiden von Torsionslagen ($\pm 45^\circ$). Ab ca. 100 m² kann jedes Kohlegewebe ab Werk schiebeverfestigt werden. Das Gewebe ist wegen seines Binders mit heißer Luft **thermoplastisch verform- und verklebbar**. Dieser Prozeß ist beliebig reversibel. Die Lagenausrichtung bei Mehrlagenaufbauten erfolgt ohne Fadenverschiebung. Die **Benetzungsfähigkeit** bei Epoxydharzen sowie der Harzfluß werden nicht negativ beeinflusst. Während der **Aushärtung** schmilzt der EP-Binder und vernetzt oberhalb seiner Schmelztemperatur homogen mit der Matrix (Schmelzbereich 103 - 115 °C). Sollte ein Aushärten unter der Schmelztemperatur des Binders erfolgen, vernetzt dieser zwar nicht, behindert aber auch nicht die Faser-Matrix-Haftung.

Besonderheiten

Kohlenstoffilamentgewebe dürfen keinesfalls geknickt oder mit scharfkantigen Werkzeugen wie Metallscheibenrollern verarbeitet werden. Bei einer Beschädigung der Filamente ergeben sich zwangsläufig Sollbruchstellen. Auf gefaltete Kohlenstoffgewebe sollte beim Kauf zugunsten aufgerollter Stücke verzichtet werden.

Lagerung

Nach DIN 65147 sind Kohlenstoffilamentgewebe für die Luft- und Raumfahrt liegend, in trockenen, möglichst temperierten Räumen lichtgeschützt so zu lagern, daß von außen keine Druckbelastung einwirkt.

Specifications

R&G provides fabrics and rovings manufactured primarily from Tenax® carbon fibres. Most fabrics in open width are manufactured in accordance with DIN 65 147 T1 and T2 (aircraft standard) and the QSF-B guidelines (quality assurance system for aviation).

Hybrid fabrics / designer fabrics

Hybrid fabrics allow an individual constellation of properties and are particularly recommended for certain highly loaded components (e.g. cowls for racing motorcycles, hulls for model ships, surfboards, etc.). The carbon fibres in a carbon-aramid laminate serve to enhance its rigidity and its compressive strength, the aramid fibres its impact strength (see the table on page 8.29). The usual combinations are carbon and aramid, carbon and glass, and carbon and Dyneema®. These hybrid fabrics are also processed to make designer fabrics. The carbon-aramid combination yields yellow and black, carbon-Dyneema® white and black. Solely the combination with carbon and glass produces in most cases a less attractive result owing to the glass fibres' transparency in the laminate. Specific **designer fabrics** such as R&G 245 g/cm² carbon fabrics are available with blue and red wefts. These fabric types find application particularly in upmarket automotive engineering for decorative carbon parts.

Coupling agents

So that the best possible adhesion is obtained between the resin and the fibre, all R&G carbon fabrics are impregnated with a **preparation containing epoxy**. The content is 1.3% of the fabric weight. We recommend epoxy resins as the matrix, but polyester resins are also possible.

Slippage resistance

So that the fibres do not fray when cut, the fabric can be imparted so-called slippage resistance from an additional application of resin-compatible binder. This has only a **negligible** effect on the **drapability**. R&G provides 245 g/cm² carbon fabric, also with optional slippage resistance. The advantages offered by this material are utilised above all in the manufacture of decorative carbon parts and when torsion layers ($\pm 45^\circ$) have to be cut to size. Every carbon fabric greater than approx. 100 m² can be provided ex works with slippage resistance. Owing to its binder component, the fabric can be **deformed and bonded thermoplastically** with hot air. This process can be reversed any number of times. The individual plies of multiple-ply structures can be aligned without the occurrence of slippage. There are no negative effects on the wetting capacity with respect to epoxy resins or the flow of resin. During the **curing** process, the EP binder melts and, above its melting temperature, cross-links homogeneously with the matrix (melting range 103 - 115 °C). Should the compound cure below the binder's melting temperature, the binder will not cross-link. On the other hand, this does not suppress the adhesion between the fibres and the matrix.

Salient features

Under no circumstances whatsoever may carbon filament fabrics be folded or cut with sharp-edged tools such as metal disc rollers. Damage to the filaments invariably gives rise to "pre-programmed" breaking points. So folded carbon fabrics should be avoided when the initial materials are purchased. Instead, preference should be given to carbon fabrics delivered in the rolled state.

Storage

DIN 65 147 stipulates that carbon filament fabrics approved for aerospace applications must be stored in dry, temperature-controlled rooms in such a manner that they lie flat, are screened from the light, and are not subjected to any external pressure loads.

Sicherheitshinweise

Kohlenstoffasern, Faserbruchstücke und Faserabrieb haben einige besondere Eigenschaften:

Aufgrund der **elektrischen Leitfähigkeit** ist die Einwirkung auf elektrische Anlagen zu vermeiden. Bei Einwirkung auf die Haut kann eine Reizung erfolgen. Aus Vorsorge ist geeignete Schutzkleidung zu tragen. Abrieb in Form atembare Stäube hat keine faserförmige Struktur und ist daher als **Inertstaub** einzustufen.

Notes on safety

Carbon fibres, fibre fragments, and fibre dust exhibit a number of particular properties listed in the following. Owing to their **conductivity**, they must be prevented from coming into contact with electrical equipment. Contact with the skin can cause irritation. One prophylactic measure is suitable protective clothing. Respirable fibre dust does not exhibit a fibrous structure and is therefore categorised as **inert**.

Vergleichswerte

Reference values

Typische Kennwerte <i>Typical characteristics</i>	Einheit <i>Unit</i>	Kiefernholz <i>Pine wood</i>	Dural-Alu <i>Duralumin</i>	Titan <i>Titanium</i>	Stahl <i>Steel</i>	GFK ¹⁾ <i>GRP ¹⁾</i>	CFK ¹⁾ <i>CRP ¹⁾</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C <i>g/cm³ at 20 °C</i>	0.5	2.8	4.5	7.8	2.1	1.5
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	100	350	800	1100	720	900
E-Modul <i>Modulus of elasticity</i>	GPa	12 000	75 000	110 000	210 000	30 000	88 000
Spez. Festigkeit Reißlänge <i>Spec. strength (breaking length)</i>	km	20	13	18	14	34	60
Spez. E-Modul <i>Spec. modulus of elasticity</i>	km	2400	2700	2400	2700	1400	5900

¹⁾ Quasiisotrope Laminate, nahezu gleiche Festigkeit in jede Richtung

¹⁾ Quasi-isotropic laminates, almost equal strengths in every direction.

Eigenschaften von Mischfasergeweben

Properties of hybrid fabrics

Hybridwerkstoffe <i>Hybrid materials</i>	gegenüber CFK allein <i>Compared with pure CRP</i>	gegenüber SFK allein <i>Compared with pure SRP</i>	gegenüber GFK allein <i>Compared with pure GRP</i>
CFK/SFK <i>CRP/SRP</i>	verbesserte Schlagzähigkeit <i>enhanced impact strength</i>	höhere Druckfestigkeit <i>higher compressive strength</i>	—
CFK/GFK <i>CRP/GRP</i>	verbesserte Schlagzähigkeit <i>enhanced impact strength</i>	—	geringeres Gewicht, höhere Steifigkeit <i>lower weight, higher rigidity</i>
SFK/GFK <i>SRP/GRP</i>	—	höhere Druckfestigkeit <i>higher compressive strength</i>	geringeres Gewicht, höhere Steifigkeit <i>lower weight, higher rigidity</i>

CFK = Kohlenfaserkunststoff, GFK = Glasfaserkunststoff, SFK = Aramidfaserkunststoff

CRP = carbon-fibre-reinforced plastic; GRP = glass-fibre-reinforced plastic; SRP = aramid-fibre-reinforced plastic



Ökologie

Ecological data

Werkstoffe <i>Material</i>	Dichte <i>Density</i>	Öltonnenäquivalent für Rohmaterial <i>Tonnes of oil equivalent for raw material</i>	Öltonnenäquivalent für Umwandlung <i>Tonnes of oil equivalent for conversion</i>	Öltonnenäquivalent für den Werkstoff <i>Tonnes of oil equivalent for the engineering material</i>	Energiepreis KJ pro cm ³ Werkstoff <i>Energy price, kJ per cm³ of material</i>
Aluminium <i>Aluminium</i>	2.7	—	5.6	5.6	665
Stahl <i>Steel</i>	7.8	—	1.0	1.0	385
Kunstharz/Polymere <i>Synthetic resin/polymers</i>	1.1	1.3	1.88	3.18	150
Glasfaser <i>Glass fibre</i>	2.6	—	0.45	0.45	50
Kohlefaser (PAN) <i>Carbon fibre (PAN)</i>	1.8	3.0	3.6	6.6	525
GFK (60 Vol.-%Faser) <i>GRP (60% vol of fibres)</i>	2.0	0.52	1.02	1.54	134
CFK (60 Vol.-%Faser) <i>CRP (60% vol of fibres)</i>	1.6	2.32	2.55	4.87	365



Manche Höchstleistungen werden erst durch den Einsatz von Kohlefasern möglich.

Some examples of maximum performance are only possible with the use of carbon fibres.

8.30





Die Kettfäden passieren an der Webmaschine den Streichbaum, die Lamellen und das Webgeschirr.

On the power loom the warps pass the back beam, the droppers, and the loom harness.



Blick in eine moderne Weberei. Die Fertigung läuft in drei Schichten, also rund um die Uhr.

An insight into a modern weaving mill. Production runs in three shifts, i.e. twenty-four hours a day.



Durch Verkreuzung der Kettfäden mit dem Schußfaden entsteht das Gewebe.

The warps interlace with the weft to produce the fabric.



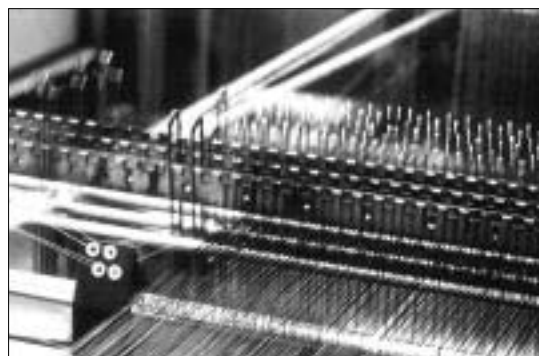
Zuführung einer Aramid-Kette in die Webmaschine.

Aramid warp being fed into the power loom.



Noch an der Webmaschine wird ein Teil der Webkante abgeschnitten.

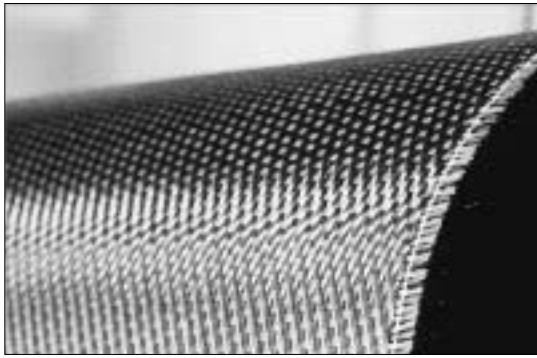
Part of the selvedge is cut off when still on the power loom.



Führung der Kettfäden in die Webmaschine.

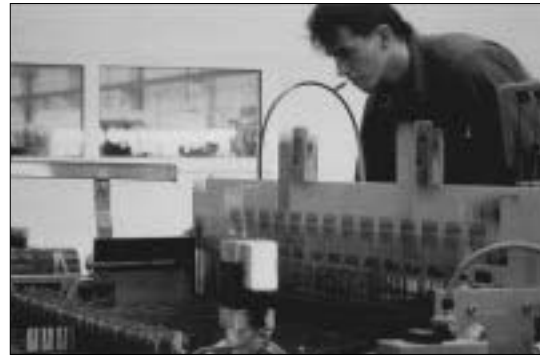
Warps being fed into the power loom.

8.32



Das fertige Gewebe, im Bild ein Kohlenstoffgewebe in Atlasbindung.

The ready-made fabric, shown here is a satin-weave carbon fabric.



Der Weber kontrolliert die Fertigung. Die Herstellung von Verstärkungsgeweben für die Luft- und Raumfahrt erfordert hochqualifizierte Mitarbeiter.

The weaver inspects the production. The manufacture of reinforcing fabrics for aerospace applications requires highly skilled personnel.



In der Endkontrolle werden die Gewebe kontrolliert, "geputzt" und gemessen. Abschluß ist das Fehlerprotokoll. Danach erfolgt die Freigabe.

The final inspection first examines, "deburrs", and measures the fabrics, draws up a defects report, and finally passes its approval.



Ein Filamentbruchstück wird mit der Pinzette entfernt. Die Endkontrolle erfordert viel Feingefühl und Erfahrung. Keine Fehlstelle darf übersehen werden.

A filament fragment being removed with a pair of tweezers. The final inspection demands great sensitivity and experience. The inspector must detect all voids.



Auch das gehört zu einer modernen Weberei: das Kunststofflabor. Hier werden im Rahmen der Qualitätssicherung Prüflamine hergestellt und die Festigkeit gemessen.

This too has its place in a modern weaving mill: the plastics testing laboratory. As part of our quality assurance system, the laboratory creates test laminates and measures their strengths.



Alle Ergebnisse werden genauestens dokumentiert. Das Labor erteilt als letzte Prüfungsinstanz die Freigabe zur Auslieferung der Verstärkungsgewebe.

All the results are meticulously documented. The laboratory is the final inspection authority to issue its approval before the reinforcing fabrics can be delivered.



Die Angaben zu den Aramid- und Kohlenstoff-Filamentgeweben entsprechen den **Mindestwerten** nach Werkstoff-Leistungsblatt. In den Werkstoff-Leistungsblättern (WLB) ist jeder Werkstoff genauestens spezifiziert.

Die Angaben entbinden den Verarbeiter nicht von eigenen Prüfungen. In Abhängigkeit von Matrix, Fasergehalt und Faserorientierung sind erhebliche Abweichungen nach oben oder unten möglich.

Die Gewebefertigung erfolgt nach DIN 65 147 Teil 1 und 2 (Gewebe aus Kohlenstoffilamentgarn), DIN 65 427 Teil 1 und 2 (Gewebe aus Aramid-Hochmodulfilamentgarn) und den QSF-B-Richtlinien.

Verwendet werden:

Kohlenstoffilamentgarne nach DIN 65 184, Faserstoffklasse F
Glasfilamentgewebe nach DIN 60 850;

Hochfeste Aramidfilamentgarne nach DIN 65 356 Teil 1, Faserstoffklasse A und B.

*The specifications given here for both the aramid and the carbon filament fabrics correspond to the **minimum values** in accordance with the WLB (material specifications sheet for aerospace applications).*

The WLB lists the exact specifications for each engineering material. These specifications do not exempt processors from conducting their own tests. The actual values may vary greatly either way, depending on the matrix, fibre content, and fibre orientation.

Fabrics are manufactured in accordance with DIN 65 147 T1 and T2 (fabrics of carbon filament yarn), DIN 65 427 T1 and T2 (fabrics of high modulus aramid filament yarn), and the QSF-B guidelines.

The materials used are:

*Carbon filament yarns as per DIN 65 184, fibre class F;
glass filament fabrics as per DIN 60850;*

*High-tensile aramid filament yarns as per DIN 65 356 T1,
fibre class A and B.*

Von den frühen Entwicklungen und Erfahrungen mit CFK und Sandwichbauweisen im militärischen Bereich profitieren heute ganze Industrien für zivile Produkte. Foto: Alpha-Jet mit CFK-Höhenleitwerk (Dornier, Friedrichshafen)



Today, whole industries for commercial products are profiting from the developments and experience made earlier with CRP and sandwich constructions for military purposes. The photograph shows an Alpha Jet with a CRP elevator assembly (Dornier, Friedrichshafen).

Höhenleitwerk Alpha-Jet in Verbundbauweise (Dornier, Friedrichshafen)



The composite structure of the Alpha Jet's elevator assembly (Dornier, Friedrichshafen).



Fehlerart <i>Type of defect</i>	Beschreibung <i>Description</i>	Hauptfehler <i>Major defect</i>	Nebenfehler <i>Minor defect</i>
Schräg- oder Bogenschüsse <i>Bias or bowed wefts</i>	Abweichung mehr als 50mm von der Waagerechten bei 1000 mm Gewebebreite <i>Deviation greater than 50 mm from the horizontal over 1000 mm of fabric width</i>		X
Aufgewölbtes, welliges Gewebe <i>Bulging, wavy fabric</i>	Deutlich sichtbar, nicht planliegendes Gewebe <i>Clearly visible, fabric not lying flat</i>	X	
Löcher, Schnitte, Risse <i>Holes, cuts, tears</i>	Drei oder mehr gebrochene Garne an nebeneinanderliegende Stellen <i>Three or more broken yarns at adjacent points</i>	X	
Schmutzstellen und Flecken <i>Spots or stains</i>	Breite und Länge kleiner 50 mm Breite und Länge größer 50 mm <i>Width and length less than 50 mm Width and length greater than 50 mm</i>	X X	X X
Nester (nicht abgerundete Stellen) <i>Skips (non-interlaced points)</i>	Breite und Länge kleiner 50 mm Breite und Länge größer 50 mm <i>Width and length less than 50 mm Width and length greater than 50 mm</i>	X X	X X
Gebrochene oder fehlende Kett- und Schlußfäden <i>Broken or missing warps and wefts</i>	Drei oder mehr angrenzende Fäden unabhängig von der Länge oder zwei angrenzende Fäden über mehr als 50mm Zwei angrenzende Fäden über weniger als 50 mm <i>Three or more adjacent threads independently of the length, or two adjacent threads over more than 50 mm Two adjacent threads over less than 50 mm</i>	X X	X X
Zu dichte oder lichte Stellen <i>Too tight or loose points</i>	über 13 mm breit <i>Wider than 13 mm</i>		X
Kantenfehler <i>Flawed selvedge</i>	Stark eingedrückte oder überlappte Webkanten <i>Strongly indented or overlapped selvedges</i>		X
Falten <i>Creasing</i>	Kräuselung oder Falten <i>Curling or folding</i>	X	
Breitenabweichung <i>Deviations in width</i>	Überschreitung der zulässigen Abweichung <i>The max permitted deviation exceeded</i>		X

Fehlerklassifizierung nach DIN 65 247 Teil 2
Fehler im Gewebe sind in der Regel an der Kante mit roten Kennfäden markiert.

Die Gewebe dürfen keine über nachfolgende Tabellen hinausgehende Fehler aufweisen. Bei der Fehlerklassifizierung darf die Gesamtpunktzahl 20 je 100 m² betragen, wobei max. 3 Hauptfehler auftreten dürfen. Hauptfehler zählen 2 Punkte, Nebenfehler 1 Punkt. Je m² werden maximal 2 Fehlerpunkte gezählt, auch wenn mehrere Fehler gleichzeitig auftreten.

*Classification of defects as per DIN 65 247 T2.
The positions of defects in the fabric are generally marked at the edge with red marking threads.*

The fabrics must not exhibit any defects other than those listed in the above table. For the classification of defects the total defect points must not exceed twenty per 100 m², whereby the max number of major defects is three. Major defects count two points, minor defects one. Max two defect points are counted for every square metre, even when more defects occur in the same area.



DYNEEMA®

Hochleistungs-Polyethylenfasern (HPPE) Dyneema® von DSM werden im Gelspinnverfahren hergestellt. Die Fasern zeichnen sich durch hohe spezifische Festigkeit (2,65 GPa), einen hohen Modul (87 GPa) und geringe Dichte (0,97 g/cm³) aus.

Dyneema®-Fasern werden aus einem Polymer mit flexibler Kette gesponnen: Polyethylen mit ultrahohem Molekulargewicht. Dies verleiht der Faser eine ausgezeichnete Widerstandsfähigkeit gegen UV-Bestrahlung und Chemikalien. Das verwendete Polymer schränkt die Temperaturfestigkeit ein, es verleiht aber auch eine ausdauernd hohe Abriebfestigkeit und eine sehr gute Ermüdungsbeständigkeit.

Dyneema®- Fasereigenschaften sind:

- Hohe spezifische Festigkeit/Modul
- Niedrige Dichte
- Hohe Schlagfestigkeit
- UV- und chemikalienbeständig
- Abrieb- und ermüdungsbeständig
- Leicht zu verarbeiten
- Temperaturbeschränkung (Schmelzpunkt 144-152 °C)
- Elektrisch nicht leitend
- Durchlässig für Röntgenstrahlen

Herstellung und Anwendungsgebiete

Dyneema®-Fasern werden aus einer flüssig-kristallinen PE-Lösung durch Spinnen/Hochverstrecken gewonnen. Dieses, wegen des gelartigen Aussehens der Filamente als "Gel-Spinnen" bezeichnete Verfahren, wurde 1979 von DSM/Niederlande patentiert und seither weiterentwickelt.

Die **Anwendung** von Dyneema® im Faserverbund-Bereich ist dort besonders vorteilhaft, wo eine hohe Schlagfestigkeit bei niedrigstem Gewicht gefordert ist (Monoquoques in Fahrzeugen, Unterbodenschutz, Bootsrümpfe). Dabei wird die Faser oft nur an der Oberfläche, quasi als **Ver-schleißschicht** eingesetzt. Das tragende Laminat besteht meist aus Glas- oder Kohlefasern.

Umgekehrt, nämlich eingebettet zwischen zwei Lagen einer hochfesten Faser wie z.B. Glas oder Kohle, wirkt Dyneema® als **Micro-Sandwich**, also als leichtes, druckfestes Kernmaterial.

Bei der Herstellung von **Druckbehältern** wird die hohe Zugfestigkeit bei geringem Gewicht genutzt.

Wegen der Durchlässigkeit für **Röntgenstrahlen** kann Dyneema® als Verstärkungsmittel für Röntgentische in Krankenhäusern eingesetzt werden.

Ein weiteres Gebiet ist der **ballistische Schutz** und die Herstellung von **Seilen und Kabeln**.

DYNEEMA®

Dyneema®, a **high-performance polyethylene (HPPE) fibre** from DSM, is manufactured with the gel spinning method. The fibres are characterised by a high specific strength (2.65 GPa), a high modulus (87 GPa), and a low density (0.97 g/cm³).

Dyneema® fibres are spun from a polymer with a flexible chain to yield polyethylene with an ultra-high molecular weight. This imparts to the fibres an outstanding resistance to UV irradiation and chemicals. Although the polymer used places a limit on the temperature resistance, it does impart a long-term, high abrasion resistance and a superior fatigue strength.

Dyneema® fibre properties are:

- High specific strength and modulus
- Low density
- High impact strength
- Resistant to UV and chemicals
- Resistant to abrasion and fatigue
- Processes easily
- Limited temperature range (melting point 144–152 °C)
- Electrically non-conducting
- Pervious to X rays

Manufacture and range of applications

Dyneema® fibres are manufactured from a liquid-crystalline PE solution with a spinning / drawing method. Owing to the gel-like appearance of the filaments thus produced, this method is called "gel spinning" and was patented in 1979 by the Dutch company DMS, which has since continued to develop it.

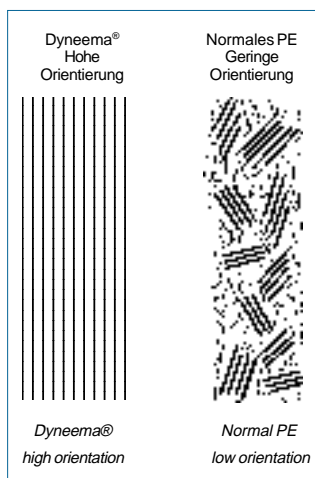
The **application** of Dyneema® in the field of composites proves particularly advantageous where high impact strength must be coupled with the minimum possible weight, e.g. monocoques in vehicles, underbody protection, hulls, etc. In these applications, the fibres are often used only on the surface, so to say as a **wearing surface**. The base laminate is mostly made of glass or carbon fibres.

On the other hand, Dyneema® can be embedded between two plies of high-tensile fibres such as glass or carbon to yield a **microsandwich**, a lightweight, compression-resistant core material.

These combined properties of high tensile strength and low weight are utilised in the manufacture of **pressure vessels**.

Owing to its transparency to **X rays**, Dyneema® can be used as a reinforcing material for X-ray tables in hospitals.

Other fields include **ballistic protection** and the manufacture of **ropes and cables**.



Ballistik

Dyneema®-Fasern weisen eine außerordentlich hohe Energieaufnahme insbesondere gegen Stöße von hoher Geschwindigkeit auf. Dabei schneidet die Faser um min. 30 % besser ab, als Aramid.

Dyneema® ist daher besonders interessant für die Herstellung von Helmen, Schutzschildern, Panzerungen, Schutzkleidung, Aufprallschutzrohren (Helikopterbau), etc.



Beschuß von 4 Lagen Dyneemagewebe 160 g/m² (R&G) mit Cal..38 Special aus 25 m Entfernung

Ballistics

Dyneema® fibres exhibit an extraordinarily high energy absorption, in particular with respect to impacts from high-speed projectiles. Here, the fibres prove to be at least 30% more effective than aramid.

For this reason, Dyneema® is a particularly interesting material in the manufacture of helmets, guard shields, armouring, protective clothing, impact-absorbing tubes (in helicopter construction), etc.

Four-ply 160 g/m² (R&G) Dyneema® fabric shot with a .38 Special from a distance of 25 m

Lichtbeständigkeit

Im Gegensatz zu Aramid zeigt Dyneema®, nachdem es künstlichem Sonnenlicht ausgesetzt wurde, nur einen geringen Festigkeitsabfall.

Light resistance

In contrast to aramid, Dyneema® suffers only a slight loss of strength after exposure to artificial sunlight.

Chemische Beständigkeit

Wegen der einfachen chemischen Struktur von Polyethylen (lediglich C-C und C-H-Verbindungen) gibt es keine chemischen Verbindungen, die in irgendeiner Form aggressiv werden könnten. Aufgrund dieser Eigenschaften verliert die Dyneemafaser ihre Festigkeit auch dann nicht, wenn sie mit Säure bzw. Alkali in Berührung kommt; auch Filtergewebe für verschiedene Chemikalien können hergestellt werden. Dyneema® nimmt praktisch keine Feuchtigkeit auf.

Chemical resistance

Owing to the simple chemical structure of polyethylene (solely C-C and C-H bonds), there are no chemical compounds that could become aggressive in any way. Consequently, Dyneema® fibres do not lose their strength even when they come into contact with acids or alkalis. Also filter fabrics can be manufactured for various chemicals. Dyneema® absorbs virtually no moisture.

Thermische Eigenschaften

Dyneema® schmilzt zwischen 144-152 °C, je nach Druck. Für kurze Zeiträume kann es auch Temperaturen nahe dem Schmelzpunkt aushalten. Das ermöglicht die Temperung von Bauteilen bis ca. 130 °C.

Das Zuschneiden von Einzellagen speziell bei der Herstellung von Schutzwesten erfolgt mittels heißem Draht. Dadurch wird ein Ausfransen des Gewebes verhindert.

Thermal properties

Dyneema® melts at a temperature from 144 to 152 °C, depending on the pressure. For short periods it can also withstand temperatures close to the melting point. As a result, components can be annealed at temperatures as high as approx. 130 °C.

Specifically for the manufacture of bulletproof vests, plies are cut to size with a hot wire, a process which also prevents the fabric from fraying.

Schichten

Um die Haftung mit duroplastischen Harzen (z.B. Epoxidharz) zu verbessern, ist die Oberfläche der Fasern in einem speziellen Corona-Ätzverfahren nachbehandelt.

Sizing

A special corona etching technique applied to the surface of the fibres serves to enhance the adhesion to thermosetting resins (e.g. epoxy resin).

Mischgewebe

Eine verbesserte Haftung sowie eine höhere Steifigkeit der Lamine ergibt sich bei der Verarbeitung von Mischfasergeweben wie z.B. Kohlefaser/Dyneema (bei R&G standardmäßig lieferbar als 210 g/m² Leinwand). Mischfasergewebe sind zusätzlich sehr dekorativ (schwarz-weiße Optik) und schwimmen beim Laminieren nicht auf.

Hybrid fabrics

Improved adhesion and higher laminate rigidity are obtained when hybrid fabrics are processed, e.g. carbon fibre and Dyneema® (available from R&G as 210 g/m² plain weave as standard). Moreover, hybrid fabrics are highly decorative (black and white effects) and do not float when laminated.

Matrixharze

Dyneema® wird mit duroplastischen Harzen wie z.B. Epoxid und Polyester verarbeitet.

Matrix resins

Dyneema® is processed with thermosetting resins such as epoxy or polyester, etc.



Verarbeitung

Dyneema®-Fasern sind relativ unempfindlich gegenüber Beschädigungen während der Verarbeitung. Es kommen daher alle gängigen Verarbeitungsverfahren in Betracht (Handlamine, Wickeln, Pressen, Strangziehen etc.).

Aufgrund der hohen Faserzähigkeit werden zum Bearbeiten **microverzahnte Speziälscheren** (R&G Aramid-schere, Proton-Schere, Industrieschere) benötigt.

Eine Ausnahme bilden Anwendungen, wo die niedrigschmelzende Faser mittels heißem Draht geschnitten wird (Kugelschutzwesten).

Zum Bearbeiten fertiger Lamine kommen ebenfalls nur hochwertige Metallbearbeitungswerkzeuge in Frage. Neben feingezahnten Sägen hat sich das Hochdruck-Wasserstrahlschneidverfahren (Water-Jet-Verfahren) zum Besäumen fertiger Bauteile am besten bewährt.

Spezifische Festigkeit von Dyneema®

Die **spezifische Festigkeit** ist die theoretische Länge, bei der eine Faser durch ihr eigenes Gewicht reißt.

Processing

Dyneema® fibres are relatively insensitive to damage during processing. Consequently, all of the conventional processing methods can be applied (hand lay-up operations, winding, press moulding, pultrusion, etc.).

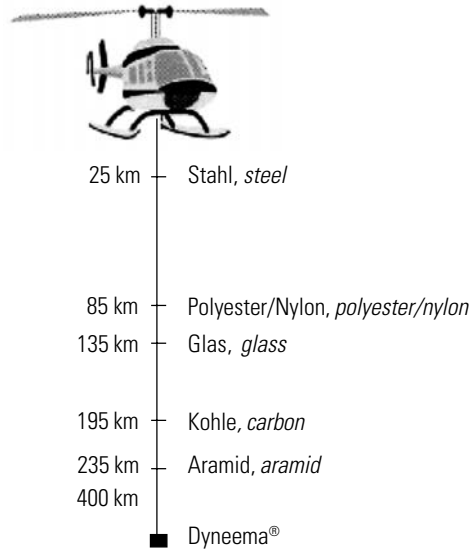
*Owing to the high toughness of their fibres, Dyneema® fabrics must be cut with **special micro-toothed shears** (R&G aramid shears, Proton® shears, industrial shears).*

The exceptions are applications where low-melting fibres are cut with a hot wire (bulletproof vests).

Consequently, high-quality metalworking tools are the only adequate tools for cutting the ready-made laminates as well. Besides fine-tooth saws, also high-pressure water jet cutting (water-jet machining) has proved the best method for trimming ready-made components.

Specific strength of Dyneema®

The **specific strength** is the theoretical minimum length of a fibre that breaks under its own weight.



Hochschlagzähe Polyethylenfasern werden z.B. im Kajakbau verwendet.
High-impact polyethylene fibres are used, for example, in the construction of kayaks.



Eigenschaften Dyneema PE-Faser <i>Properties of Dyneema PE fibre</i>	Einheit <i>Unit</i>	Dyneema® SK 65 <i>Dyneema® SK 65</i>
Dichte <i>Density</i>	g/cm ³ / 20 °C	0,975
Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	MPa	3000
E-Modul <i>Modulus of elasticity</i>	GPa	95
Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	MPa	1000
Druckmodul <i>Compressive modulus</i>	GPa	100
Bruchdehnung <i>Elongation at break</i>	%	3,6
spez. elektrischer Widerstand <i>Resistivity</i>	Ω	3,6
Dielektrizitätskonstante <i>Dielectric constant</i>	22 °C, 10 GHz	2,25
Schmelzpunkt <i>Melting point</i>	°C	144 - 152
Them. Ausdehnungskoeffizient <i>Coefficient of thermal expansion</i>	10 ⁻⁶ K ⁻¹	-12
Wärmeleitfähigkeit <i>Thermal conductivity</i>	W/mK	20
Wasser und Chemikalien <i>Water and chemicals</i>		
Schrumpfung in kochendem Wasser <i>Shrinkage in boiling water</i>		1 %
Wasserbeständigkeit <i>Water resistance</i>		sehr gut <i>very good</i>
Feuchtigkeitsaufnahme <i>Moisture absorption</i>		keine <i>none</i>
Säurebeständigkeit <i>Acid resistance</i>		sehr gut <i>very good</i>
Laugenbeständigkeit <i>Alkali resistance</i>		sehr gut <i>very good</i>
Beständigkeit gegen die meisten Chemikalien <i>Resistance to most chemicals</i>		sehr gut <i>very good</i>
Lichtbeständigkeit (UV) <i>Light resistance (UV)</i>		gut <i>good</i>



GLASFILAMENTGEWEBE

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT

GLASS FILAMENT FABRICS

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT



Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter Prof. Dr.-Ing. W. Jorden

Universität-GH Paderborn

Vorgaben:		Specifications:	
$\rho_{\text{Faser}} = 2,6 \text{ g/cm}^3$	(spez. Fasergewicht)	$\rho_{\text{fibre}} = 2,6 \text{ g/cm}^3$	(specific gravity of fibres)
$\rho_{\text{Harz}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$	(spez. Gewicht der Harz/Härter-Mischung)	$\rho_{\text{resin}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$	(specific gravity of the resin and hardener mixture)

Die Tabellen enthalten die theoretisch ermittelten Werte für Harzverbrauch, Laminatdicke und Laminatgewicht bei der Verarbeitung der von R&G lieferbaren Glasfilamentgewebe.

Bei **ungepreßten Handlaminaten** kann ein **Faseranteil von 35 bis 40 %** erreicht werden. Je nach Fadenzahl und Garnfeinheit des Gewebes und Sorgfalt bei der Verarbeitung können diese Werte aber deutlich variieren. Für Laminatberechnungen liegen von der IDAFLIEG Werkstoffkennwerte vor, die sich bei Geweben mit bidirektional gleicher Fasermenge auf einen Faservolumenanteil von 35 % beziehen.

The tables present theoretical values for the resin consumption, laminate thickness, and laminate weight for the glass filament fabrics available from R&G.

Uncompressed hand lay-up laminates can exhibit a **fibre volume fraction of 35–40 %**, yet this can vary widely depending on the number of threads, the fabric's yarn number, and the care taken in processing.

Laminate properties can be calculated on the basis of material characteristics obtained from IDAFLIEG. These characteristics apply to fabrics with an equal quantity of fibres along both axes and a fibre volume fraction of 35 %.

Glasfilamentgewebe 25 g/m² Bestell-Nr. 190 100-X
Glass filament fabric 25 g/m² Order no. 190 100-X

Glasfilamentgewebe 49 g/m² Bestell-Nr. 190 105-X
Glass filament fabric 49 g/m² Order no. 190 105-X

Faservolumenanteil Fiber volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	25	20	16	13	11	9	7	48	39	31	25	21	17	14
Laminatdicke Lam. thickn. mm	0,032	0,027	0,024	0,021	0,019	0,017	0,016	0,063	0,054	0,047	0,042	0,038	0,034	0,031
Laminatgewicht Lam. weight g/m ²	50	45	41	38	36	34	32	97	88	80	74	70	66	63

Glasfilamentgewebe 58 g/m² Bestell-Nr. 190 106-X
Glass filament fabric 58 g/m² Order no. 190 106-X

Glasfilamentgewebe 80 g/m² Bestell-Nr. 190 110-X
Glass filament fabric 80 g/m² Order no. 190 110-X

Faservolumenanteil Fiber volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	57	46	37	30	25	20	16	79	63	51	41	34	28	23
Laminatdicke Lam. thickn. mm	0,074	0,064	0,056	0,050	0,045	0,041	0,037	0,103	0,088	0,077	0,068	0,062	0,056	0,051
Laminatgewicht Lam. weight g/m ²	115	104	95	88	83	78	74	159	143	131	121	114	108	103



Glasfilamentgewebe 105 g/m² Bestell-Nr. 190 113-X
Glass filament fabric 105 g/m² Order no. 190 113-X

Glasfilamentgewebe 163 g/m² Bestell-Nr. 190 115-X / 120-X
Glass filament fabric 163 g/m² Order no. 190 115-X / 120-X

Faservolumenanteil <i>Fiber volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i>	g/m ² 104	83	67	54	44	36	30	161	128	103	84	69	56	46
Laminatdicke <i>Lam. thickn.</i>	mm 0,135	0,115	0,101	0,090	0,081	0,073	0,067	0,209	0,179	0,157	0,139	0,125	0,114	0,104
Laminatgewicht <i>Lam. weight</i>	g/m ² 209	188	172	159	149	141	135	324	291	266	247	232	219	209

Glasfilamentgewebe 280 g/m² Bestell-Nr. 190 137-X / 138-X
Glass filament fabric 280 g/m² Order no. 190 137-X / 138-X

Glasfilamentgewebe 296 g/m² Bestell-Nr. 190 140-X
Glass filament fabric 296 g/m² Order no. 190 140-X

Faservolumenanteil <i>Fiber volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i>	g/m ² 276	220	178	145	118	97	79	292	233	188	153	125	102	83
Laminatdicke <i>Lam. thickn.</i>	mm 0,359	0,308	0,269	0,239	0,215	0,196	0,179	0,379	0,325	0,285	0,253	0,228	0,207	0,190
Laminatgewicht <i>Lam. weight</i>	g/m ² 556	500	458	425	398	377	359	588	529	484	449	421	398	379

Glasfilamentgewebe 390 g/m² Bestell-Nr. 190 148-X
Glass filament fabric 390 g/m² Order no. 190 148-X

Glasrovinggewebe 580 g/m² Bestell-Nr. 190 155-X
Glass roving fabric 580 g/m² Order no. 190 155-X

Faservolumenanteil <i>Fiber volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i>	g/m ² 385	306	248	202	165	135	110	573	456	368	300	245	201	164
Laminatdicke <i>Lam. thickn.</i>	mm 0,500	0,429	0,375	0,333	0,300	0,273	0,250	0,744	0,637	0,558	0,496	0,446	0,406	0,372
Laminatgewicht <i>Lam. weight</i>	g/m ² 775	696	638	592	555	525	500	1153	1036	948	880	825	781	744



GLASGELEGE

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT

Glasfilamentgewebe 220 g/m² Bestell-Nr. 190 157-X
Glas filament fabric 220 g/m² Order no. 190 157-X

Faservolumenanteil <i>Fiber volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %		30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i>	g/m ² 217	173	140	114	93	79	62		306	244	197	160	131	107	87
Laminatdicke <i>Lam. thickn.</i>	mm 0,282	0,242	0,212	0,188	0,169	0,157	0,141		0,397	0,341	0,298	0,265	0,238	0,217	0,199
Laminatgewicht <i>Lam. weight</i>	g/m ² 437	393	360	334	313	299	282		616	554	507	470	441	417	397
Berechnungsdicke <i>Calcul. thickness</i>	mm 0,240	0,205	0,180	0,160	0,144	0,133	0,120								

Bei der Dimensionierung von UD-verstärkten Laminaten werden nur die Fasern in UD-Richtung berücksichtigt. Dieses kommt in der Berechnungsdicke zum Ausdruck, die um den Schußfaseranteil geringer ist als die tatsächliche Laminatstärke.

GLASS INLAYS

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT

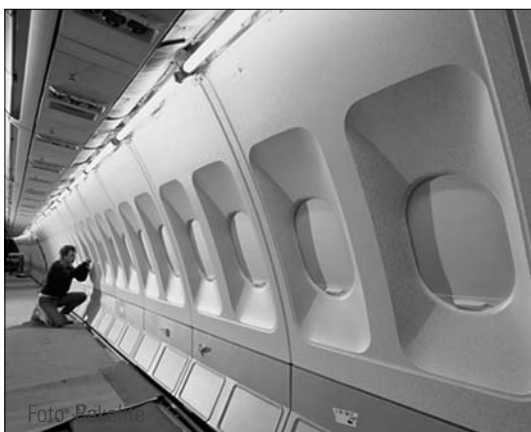
Glas-Biaxialgelege 310 g/m² Bestell-Nr. 190 159-X
Biaxial glass inlay 310 g/m² Order no. 190 159-X

Only the fibres along the unidirectional axis were considered in the dimensioning of unidirectionally reinforced laminates. This finds expression in the calculated thickness, which is the proportion of wefts less than the actual laminate thickness.

Glas-Biaxialgelege 408 g/m² Bestell-Nr. 190 137-X /138-X
Biaxial glass inlay 408 g/m² Order no. 190 137-X /138-X

Faservolumenanteil <i>Fiber volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i>	g/m ² 403	321	259	211	173	141	115	
Laminatdicke <i>Lam. thickn.</i>	mm 0,523	0,448	0,392	0,349	0,314	0,285	0,262	
Laminatgewicht <i>Lam. weight</i>	g/m ² 811	729	667	619	581	549	523	

8



Flugzeug-Verkleidungssegmente aus einem GFK-Waben-Sandwich



Foto: Bakelite

GRP honeycomb sandwiches as aircraft cowling segments

8.42

GLASMATTEN

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT

Glasmatte 225 g/m² Bestell-Nr. 190 165-X
Glass mat 225 g/m² Order no. 190 165-X

GLASS MATS

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT

Glasmatte 450 g/m² Bestell-Nr. 190 170-X
Glass mat 450 g/m² Order no. 190 170-X

Faservolumenanteil <i>Fiber volume fraction</i>	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i> g/m ²	381	286	222	177	143	116	95	762	571	444	354	286	233	190
Laminatdicke <i>Lam. thickn.</i> mm	0,433	0,346	0,288	0,247	0,216	0,192	0,173	0,865	0,692	0,577	0,495	0,433	0,385	0,346
Laminatgewicht <i>Lam. weight</i> g/m ²	606	511	447	402	368	341	320	1212	1021	894	804	736	683	640

Künstlicher Felsen für eine Saunalandschaft aus Glasmatte 450 + 225 g/m² sowie R&G Polyesterharz U 569



Artificial rock for a sauna of a 450 + 225 g/m² glass mat and R&G polyester resin U 569

Innenseite des GFK-UP-Felsens



The inside of the GRP UP rock

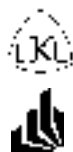
GFK-Teich aus Glasmatte 450 + 225 g/m² sowie R&G Polyesterharz U 569



GRP pond of a 450 + 225 g/m² glass mat and R&G polyester resin U 569

ARAMIDGEWEBE

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT



Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter/Supervisor: Prof. Dr.-Ing. W. Jorden

Universität-GH Paderborn

ARAMID FABRICS

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT

Vorgaben:

ρ_{Faser} = 1,45 g/cm³ (spez. Fasergewicht)
 ρ_{Harz} = 1,1 g/cm³ (spez. Gewicht der Harz/Härter- Mischung)

Specifications:

ρ_{fibre} = 1,45 g/cm³ (specific gravity of the fibres)
 ρ_{resin} = 1,1 g/cm³ (specific gravity of the resin/hardener mixture)

Die Tabellen enthalten die theoretisch ermittelten Werte für Harzverbrauch, Laminatdicke und Laminatgewicht bei der Verarbeitung der von R&G lieferbaren Hochmodul-Aramidgewebe. Bei **ungepreßten Handlaminaten** kann ein **Faseranteil von 35 bis 40 %** erreicht werden. Je nach Fadenzahl und Garnfeinheit des Gewebes und Sorgfalt bei der Verarbeitung können diese Werte aber deutlich variieren.

The tables present theoretical values for the resin consumption, laminate thickness, and laminate weight for the high modulus aramid fabrics available from R&G.

Uncompressed hand lay-up laminates can exhibit a fibre volume fraction of 35–40 %, yet this can vary widely depending on the number of threads, the fabric's yarn number, and the care taken in processing.

Aramidgewebe 36 g/m² Bestell-Nr. 190 199-X Aramid fabric 36 g/m² Order no. 190 199-X

Aramidgewebe 61 g/m² Bestell-Nr. 190 200-X Aramid fabric 61 g/m² Order no. 190 200-X

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	64	51	41	33	27	22	18	108	86	69	57	46	38	31
Laminatdicke Lam. thickn. mm	0,083	0,071	0,062	0,055	0,050	0,045	0,041	0,140	0,120	0,105	0,093	0,084	0,076	0,070
Laminatgewicht Lam. weight g/m ²	100	87	77	69	63	58	54	169	147	130	118	107	99	92

Aramidgewebe 110 g/m² Bestell-Nr. 190 203-X Aramid fabric 110 g/m² Order no. 190 203-X

Aramidgewebe 170 g/m² Bestell-Nr. 190 205-X Aramid fabric 170 g/m² Order no. 190 205-X

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	195	155	125	102	83	68	56	301	240	193	158	129	106	86
Laminatdicke Lam. thickn. mm	0,253	0,217	0,190	0,169	0,152	0,138	0,126	0,391	0,335	0,293	0,261	0,234	0,213	0,195
Laminatgewicht Lam. weight g/m ²	305	265	235	212	193	178	166	471	410	363	328	299	276	256

KOHLEGEWEBE

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT



Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter/Supervisor: Prof. Dr.-Ing. W. Jorden

Universität-GH Paderborn

CARBON FABRICS

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT

Vorgaben:

ρ_{Faser} = 1,78 g/cm³ (spez. Fasergewicht)
 ρ_{Harz} = 1,1 g/cm³ (spez. Gewicht der Harz/Härter- Mischung)

Specifications:

ρ_{fibre} = 1,78 g/cm³ (specific gravity of the fibres)
 ρ_{resin} = 1,1 g/cm³ (specific gravity of the resin/hardener mixture)

Die Tabellen enthalten die theoretisch ermittelten Werte für Harzverbrauch, Laminatdicke und Laminatgewicht bei der Verarbeitung der von R&G lieferbaren Kohlegebebe. Bei **ungepreßten Handlaminaten** kann ein **Faserteil von 35 bis 40 %** erreicht werden. Je nach Fadenzahl und Garnfeinheit des Gewebes und Sorgfalt bei der Verarbeitung können diese Werte aber deutlich variieren. Für Laminatberechnungen liegen von der IDAFLIEG Werkstoffkennwerte vor, die sich bei Geweben mit bidirektional gleicher Fasermenge auf einen Faservolumenanteil von 35 % beziehen.

The tables present theoretical values for the resin consumption, laminate thickness, and laminate weight for the carbon fabrics available from R&G. **Uncompressed hand lay-up laminates** can exhibit a **fibre volume fraction of 35–40 %**, yet this can vary widely depending on the number of threads, the fabric's yarn number, and the care taken in processing. Laminate properties can be calculated on the basis of material characteristics obtained from IDAFLIEG. These characteristics apply to fabrics with an equal quantity of fibres along both axes and a fibre volume fraction of 35 %.

Kohlegebebe 65 g/m² Bestell-Nr. 190 220-X
Carbon fabric 65 g/m² Order no. 190 220-X

Kohlegebebe 93 g/m² Bestell-Nr. 190 223-X
Carbon fabric 93 g/m² Order no. 190 223-X

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	98	78	63	51	42	34	28	134	107	86	70	57	47	38
Laminatdicke Lam. thickn. mm	0,127	0,109	0,096	0,085	0,076	0,069	0,064	0,174	0,149	0,131	0,116	0,104	0,095	0,087
Laminatgewicht Lam. weight g/m ²	166	146	131	119	110	102	96	227	200	179	163	150	140	131

Kohlegebebe 160 g/m² Bestell-Nr. 190 225-X
Carbon fabric 160 g/m² Order no. 190 225-X

Kohlegebebe 204 g/m² Bestell-Nr. 190 230-X
Carbon fabric 204 g/m² Order no. 190 230-X

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	231	184	148	121	99	81	66	294	234	189	154	126	103	84
Laminatdicke Lam. thickn. mm	0,300	0,257	0,225	0,200	0,180	0,163	0,150	0,382	0,327	0,287	0,255	0,229	0,208	0,191
Laminatgewicht Lam. weight g/m ²	391	344	308	281	259	241	226	498	438	393	358	330	307	288

ARAMID- UND KOHLEGEWEBE

ARAMID AND CARBON FABRICS

Kohlegewebe 245 g/m² Bestell-Nr. 190 235-X
Carbon fabric 245 g/m² Order no. 190 235-X

Kohlegewebe 410 g/m² Bestell-Nr. 190 240-X
Carbon fabric 410 g/m² Order no. 190 240-X

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	353	281	227	185	151	124	101	591	471	380	310	253	207	169
Laminatdicke Lam. thickn. mm	0,459	0,393	0,344	0,306	0,275	0,250	0,229	0,768	0,658	0,576	0,512	0,461	0,419	0,384
Laminatgewicht Lam. weight g/m ²	598	526	472	430	396	369	346	1001	881	790	720	663	617	579

KOHLEGELEGE

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT

CARBON INLAYS

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT

Kohle/Glas-Gewebe				Carbon-glass fabric			
Vorgaben:				Specifications:			
ρFaser = 1,78 g/cm ³	(spez. Gewicht der Kohlefaser)			ρfibre = 1,78 g/cm ³	(specific gravity of the carbon fibres)		
ρFaser = 2,60 g/cm ³	(spez. Gewicht der Glasfaser)			ρfibre = 2,60 g/cm ³	(specific gravity of the glass fibres)		
ρHarz = 1,10 g/cm ³	(spez. Gewicht der Harz/Härter-Mischung)			ρresin = 1,10 g/cm ³	(specific gravity of the resin/hardener mixture)		

UD- Kohle/Glas 140 g/m² Bestell-Nr. 190 250-X
UD carbon/glass 140 g/m² Order no. 190 250-X

Kohlegelege 80 g/m² Bestell-Nr. 190 247-X
Carbon inlay 80 g/m² Order no. 190 247-X

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	193	154	124	101	83	70	55	115	92	74	70	49	40	33
Laminatdicke Lam. thickn. mm	0,251	0,215	0,188	0,167	0,150	0,139	0,125	0,150	0,128	0,112	0,109	0,090	0,082	0,075
Laminatgewicht Lam. weight g/m ²	333	294	264	241	223	210	195	195	172	154	150	129	120	113
Berechnungsdicke Calcul. thickn. mm	0,233	0,200	0,175	0,156	0,140	0,130	0,117							

Kohlegelege 125 g/m² Bestell-Nr. 190 249-X
Carbon inlay 125 g/m² Order no. 190 249-X

Kohlegelege UHM 250 g/m² Bestell-Nr. 190 254-X
Carbon inlay UHM 250 g/m² Order no. 190 254-X

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch Resin consumpt. g/m ²	180	143	116	94	77	63	51	316,4	251,9	203,4	165,7	135,6	111,0	90,4
Laminatdicke Laminate thickn. mm	0,234	0,201	0,176	0,156	0,140	0,128	0,117	0,39	0,34	0,29	0,26	0,24	0,21	0,20
Laminatgewicht Laminate weight g/m ²	305	268	241	219	202	188	176	566,4	501,9	453,4	415,7	385,6	361,0	340,4

Kohle- Biaxialgelege 160 g/m² Bestell-Nr. 190 253-X
Biaxial carbon inlay 160 g/m² Order no. 190 253-X

Kohle-Biaxialgelege 290 g/m² Bestell-Nr. 190 255-X
Biaxial carbon inlay 290 g/m² Order no. 190 255-X

Faservolumenanteil <i>Fibre volume</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i> g/m ²	231	184	148	121	99	81	66	418	333	269	219	179	147	119
Laminatdicke <i>Laminate thickn.</i> mm	0,300	0,257	0,225	0,200	0,180	0,163	0,150	0,543	0,465	0,407	0,362	0,326	0,296	0,272
Laminatgewicht <i>Laminate weight</i> g/m ²	391	344	308	281	259	241	226	708	623	559	509	469	437	409

Kohle-Biaxialgelege 420 g/m² Bestell-Nr. 190 260-X
Biaxial carbon inlay 420 g/m² Order no. 190 260-X

Faservolumenanteil <i>Fibre volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i> g/m ²	606	482	398	317	260	212	173
Laminatdicke <i>Laminate thickn.</i> mm	0,787	0,674	0,590	0,524	0,472	0,429	0,393
Laminatgewicht <i>Laminate weight</i> g/m ²	1026	902	809	737	680	632	593



Kohlefasern in unterschiedlichen Anwendungen

Carbon fibres in various applications



Fotos: Bakelite



HYBRIDGEWEBE

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT

HYBRID FABRICS

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT



Dr.-Ing. Herbert Funke
 Laboratorium für Konstruktionslehre
 Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Jorden

Universität-GH Paderborn

Die Tabellen enthalten die theoretisch ermittelten Werte für Harzverbrauch, Laminatdicke und Laminatgewicht bei der Verarbeitung der von R&G lieferbaren Hybridgewebe. Bei **ungepreßten Handlaminaten** kann ein **Faseranteil von 35 bis 40 %** erreicht werden. Je nach Fadenzahl und Garnfeinheit des Gewebes und Sorgfalt bei der Verarbeitung können diese Werte aber deutlich variieren.

*The tables present theoretical values for the resin consumption, laminate thickness, and laminate weight for the hybrid fabrics available from R&G. **Uncompressed hand lay-up laminates** can exhibit a **fibre volume fraction of 35–40 %**, yet this can vary widely depending on the number of threads, the fabric's yarn number, and the care taken in processing.*

Kohle/Aramid-Gewebe				Carbon/Aramid fabric			
Vorgaben:				Specifications:			
ρ_{Faser}	= 1,78 g/cm ³	(spez. Gewicht der Kohlefaser)		ρ_{fibre}	= 1,78 g/cm ³	(specific gravity of the carbon fibres)	
ρ_{Faser}	= 1,45 g/cm ³	(spez. Gewicht der Aramidfaser)		ρ_{fibre}	= 1,45 g/cm ³	(specific gravity of the aramid fibres)	
ρ_{Harz}	= 1,1 g/cm ³	(spez. Gewicht der Harz/Härter-Mischung)		ρ_{resin}	= 1,1 g/cm ³	(specific gravity of the resin/hardener mixture)	

Kohle/Aramid 68 g/m² Bestell-Nr. 190 208-X
Carbon/Aramid 68 g/m² Order no. 190 208-X

Kohle/Aramid 188 g/m² Bestell-Nr. 190 210-X
Carbon/Aramid 188 g/m² Order no. 190 210-X

	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Faservolumenanteil <i>Fibre volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i>	g/m ² 106	84	68	55	45	37	30	295	235	190	155	126	103	84
Laminatdicke <i>Laminate thickn.</i>	mm 0,138	0,118	0,103	0,092	0,083	0,075	0,069	0,383	0,329	0,287	0,256	0,230	0,209	0,192
Laminatgewicht <i>Laminate weight</i>	g/m ² 174	152	136	123	113	105	98	483	423	378	343	314	291	272

C-Faseranteil: 60 %, A-Faseranteil. 40 %, mittl. spez. Fasergewicht: 1,65 g/cm³
 Carbon fibre fraction: 60 %, aramid fibre fraction. 40 %, fibres' mean specific gravity : 1,65 g/cm³

C-Faseranteil: 56 %, A-Faseranteil. 44 %, mittl. spez. Fasergewicht: 1,65 g/cm³
 Carbon fibre fraction: 56 %, aramid fibre fraction. 44 %, fibres' specific mean gravity: 1,65 g/cm³

Kohle/Aramidgewebe 210 g/m² Bestell-Nr. 190 212-X
Carbon/aramid fabric 210 g/m² Order no. 190 212-X

	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Faservolumenanteil <i>Fibre volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i>	g/m ² 326	260	210	171	140	114	93
Laminatdicke <i>Laminate thickn.</i>	mm 0,424	0,364	0,318	0,283	0,255	0,231	0,212
Laminatgewicht <i>Laminate weight</i>	g/m ² 536	470	420	381	350	324	303

C-Faseranteil: 61 %, A-Faseranteil. 39 %, mittl. spez. Fasergewicht: 1,65 g/cm³
 Carbon fibre fraction: 61 %, aramid fibre fraction. 39 %, fibres' mean specific gravity : 1,65 g/cm³

DYNEEMA®-GEWEBE

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT

DYNEEMA® FABRIC

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT



Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Jorden

Universität-GH Paderborn

Dyneema®-Gewebe

Vorgaben:

$\rho_{\text{Faser}} = 0,97 \text{ g/cm}^3$ (spez. Gewicht der HPPE-Faser)
 $\rho_{\text{Harz}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$ (spez. Gewicht der Harz/Härter-Mischung)

Dyneema® fabric

Specifications:

$\rho_{\text{fibre}} = 0,97 \text{ g/cm}^3$ (specific gravity of the HPPE fibres)
 $\rho_{\text{resin}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$ (specific gravity of the resin/hardener mixture)

Die Tabellen enthalten die theoretisch ermittelten Werte für Harzverbrauch, Laminatdicke und Laminatgewicht bei der Verarbeitung der von R&G lieferbaren Kohlegeebe. Bei **ungepreßten Handlaminaten** kann ein **Faseranteil von 35 bis 40 %** erreicht werden. Je nach Fadenzahl und Garnfeinheit des Gewebes und Sorgfalt bei der Verarbeitung können diese Werte aber deutlich variieren.

The tables present theoretical values for the resin consumption, laminate thickness, and laminate weight for the carbon fabrics available from R&G. **Uncompressed hand lay-up laminates** can exhibit a **fibre volume fraction of 35–40 %**, yet this can vary widely depending on the number of threads, the fabric's yarn number, and the care taken in processing.

Dyneema® 160 g/m² Bestell-Nr. 190 320-X
Dyneema® 160 g/m² Order no. 190 320-X

Kohle/Dyneema® 210 g/m² Bestell-Nr. 190 325-X
Carbon/Dyneema® 210 g/m² Order no. 190 325-X

Faservolumenanteil <i>Fibre volume fraction</i>	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch <i>Resin consumpt.</i> g/m ²	423	337	272	222	181	148	121	467,0	371,7	300,2	244,6	200,1	163,8	133,4
Laminatdicke <i>Laminate thickn.</i> mm	0,550	0,471	0,412	0,367	0,330	0,300	0,275	0,58	0,50	0,44	0,39	0,35	0,32	0,29
Laminatgewicht <i>Laminate weight</i> g/m ²	583	497	432	382	341	308	281	677	581,7	510,2	454,6	410,1	373,8	343,4



Verwendung von Dyneema® bei Schiffstauen

Foto: Bakelite

Use of Dyneema® in hawsers

GLASFILAMENTGEWEBE

GLASS FILAMENT FABRICS

Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
25 g/m² Finish FK 800 / Finish FRP 800

Anwendungsgebiet
Applications

Holz/Furnier-Beschichtungen (Tragflächenbeschichtung), Wabensandwich-Bauteile (mind. 2 Lagen), Leiterplatten
Wood facing / woodgrain foil (wing linings), honeycomb sandwich components (min 2 layers), PCBs

R&G Bestell-Nr./Interglas-Nr./ US-Style
MIL-C-9084c /WLB-Nr
R&G Order no./Interglas no. /US style
MIL-C-9084c /WLB no.

190 100-X
Interglas 02034
US style 106

Breite cm
Width cm

110

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

22 x 22

Garntype (DIN 60 850)
Kette x Schuss
Yarn type (DIN 60 850)
Warp x weft

EC 5 - 5,5 x EC 5 - 5,5

Bindung
Weave

Leinwand
Plain

Dicke ¹⁾ mm <i>Thickness¹⁾ mm</i>	Trockengewebe (DIN 53855) <i>Dry fabric (DIN 53855)</i>	0,05
	Laminat 43 % Faservol. <i>Laminate fibre fraction 43 % vol</i>	0,02

Faserquerschnitt ¹⁾ der Gewebelage mm ² /m <i>Fibre cross section¹⁾ in the fabric layer mm²/m</i>	Kette <i>Warp</i>	---
	Schuß <i>Weft</i>	---

Interlaminare Scherfestigkeit ²⁾ MPa (DIN EN 2377) <i>Interlaminar shear strength²⁾ MPa (DIN EN 2377)</i>	Kette <i>Warp</i>	---
	Schuß <i>Weft</i>	---

Zugfestigkeit ²⁾ MPa (DIN EN 61) <i>Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 61)</i>	Kette <i>Warp</i>	---
	Schuß <i>Weft</i>	---

Zug-E-Modul ²⁾ GPa (DIN EN 61) <i>Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 61)</i>	Kette <i>Warp</i>	---
	Schuß <i>Weft</i>	---

Druckfestigkeit ²⁾ MPa (DIN 53 454) <i>Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 454)</i>	Kette <i>Warp</i>	---
	Schuß <i>Weft</i>	---

Biegefestigkeit ²⁾ MPa (DIN EN 63) <i>Flexural strength²⁾ MPa (DIN EN 63)</i>	Kette <i>Warp</i>	---
	Schuß <i>Weft</i>	---

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert ²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 43 ± 2 % Faservolumenanteil

8.50



Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
49 g/m² Finish FK 800 / Finish FRP 800

Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
58 g/m² Finish FK 800 / Finish FRP 800

Holz/Furnier-Beschichtungen (Tragflächenbeschichtung), Wabensandwich-Bauteile, Leiterplatten
Wood facing / woodgrain foil (wing linings), honeycomb sandwich components, PCBs

Holz/Furnier-Beschichtungen (Tragflächenbeschichtung), Wabensandwich-Bauteile, Leiterplatten, dünnwandige Laminare. Sehr dicht gewebt, daher **geringe Harzaufnahme**.
*Wood facing / woodgrain foil (wing linings), honeycomb sandwich components, PCBs, thin-walled laminates; very tight weave, so **low resin absorption**.*

190 105-X
 Interglas 02037
 US-Style 1080

190 106-X
 Interglas 02085

110

103

24 x 18,5

23,6 x 26

EC 5 - 11 x EC 5 - 11

EC 5 - 11 x EC 5 - 11

Leinwand
Plain

Leinwand
Plain

0,07

0,07

0,04

0,06

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 43 ± 2 % fibre volume fraction

Anwendungsgebiet
Applications

Sandwich-Bauteile, Beschichtungen, kleinere GFK-Teile, Platten
sandwich components, linings, smaller GRP parts, sheets.

R&G Bestell-Nr./Interglas-Nr. /US-Style
MIL-C-9084c /WLB-Nr
R&G Order no./Interglas no. /US style
MIL-C-9084c /WLB no.

190 110-X
Interglas 02034
US-Style 106 WLB 8.4505.60
GFW 10 (DIN 61 854 T.2)

**Werkstoff nach
Luftfahrtnorm**
**Material as per
aircraft standards**

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

12 x 11,5

Garntype (DIN 60 850)
Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 850)
Warp x weft

EC 9 - 34Z x EC 9 - 34Z

Bindung
Weave

Leinwand
Plain

Dicke¹⁾ mm
Thickness¹⁾ mm

Trockengewebe (DIN 53855)
Dry fabric (DIN 53855)

0,10

Laminat 43 % Faservol.
Laminate fibre fraction 43 % vol

0,07

Faserquerschnitt¹⁾
der Gewebelage mm²/m
Fibre cross section¹⁾
in the fabric layer mm²/m

Kette
Warp

15,8

Schuß
Weft

15,2

Interlaminare Scherfestigkeit²⁾ MPa
(DIN EN 2377)
Interlaminar shear strength²⁾ MPa
(DIN EN 2377)

Kette
Warp

50

Schuß
Weft

45

Zugfestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 61)
Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

335

Schuß
Weft

320

Zug-E-Modul²⁾ GPa (DIN EN 61)
Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

19

Schuß
Weft

18

Druckfestigkeit²⁾ MPa (DIN 53 454)
Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 454)

Kette
Warp

375

Schuß
Weft

360

Biegefestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 63)
Flexural strength²⁾ MPa (DIN EN 63)

Kette
Warp

495

Schuß
Weft

460

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 43 ± 2 % Faservolumenanteil

8.52

Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
105 g/m² Finish FK 144 / Finish FRP 144

Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
163 g/m² Silan / Silane

Herstellen von Tragflächen in Sandwichbauweise, GFK-Platten und Bauteile mit hohem Faseranteil. Sehr dicht gewebt, daher **geringe Harzaufnahme**.

*For manufacturing wings as sandwich structures, GFRP sheets and components with high fibre volume fractions; very tight weave, so **low resin absorption**.*

Preisgünstiges Glasgewebe für **Standardanwendungen** im Modell- und Sportgerätebau. Anschmiegsam, leichte Tränkung, zufriedenstellende Transparenz. **Keine** Luftfahrtqualität.

*Low-priced glass fabric for **standard applications** in the design of models and sports equipment; highly drapable, good impregnation, satisfactory transparency; **not approved for aviation**.*

190 113-X

Interglas 91111
 US-Style 120 WLB 8.4544.60
 MIL III

**Werkstoff nach
 Luftfahrtnorm
 Material as per
 aircraft standards**

190 115-X

100	100
24 x 23	12 x 11,5
EC 5 - 11x2S x EC 5 - 11x2S	EC 9 - 68Z x EC 9 - 68Z
Kreuzköper 1/3 Cross twill 1/3	Köper 2/2 Twill 2/2
0,14	0,18
0,10	0,15
20,5	31,6
19,6	30,3
50	---
45	---
335	---
320	---
19	---
18	---
355	---
340	---
495	---
460	---

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 43 ± 2 % fibre volume fraction

GLASFILAMENTGEWEBE

GLASS FILAMENT FABRICS

Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
163 g/m² Finish FK 144 / Finish FRP 144

Anwendungsgebiet
Applications

Häufig eingesetztes **Standard-Gewebe**. Modellbaurümpfe, Sportgerätebau, Urmodellbeschichtung, Reparaturen, Verstärkungen. Anschmiegsam, leichte Tränkung, gute Transparenz.
*Frequently used **standard fabric** in the construction of model hulls, fuselages, and sports equipment, for laying up master patterns, repairs, reinforcements; highly drapable, good impregnation, good transparency.*

R&G Bestell-Nr./Interglas-Nr. /US-Style
MIL-C-9084c/WLB-Nr
R&G Order no./Interglas no. /US style
MIL-C-9084c/WLB no.

190 120-X
Interglas 92110
WLB 8.4548.60
GFW 23 (DIN 61854 T.2)

**Werkstoff nach
Luftfahrtnorm
Material as per
aircraft standards**

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

12 x 11,5

Garntype (DIN-60805)
Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 850)
Warp x weft

EC 9 - 68Z x EC 9 - 68Z

Bindung
Weave

Köper 2/2
Twill 2/2

Dicke¹⁾ mm
Thickness¹⁾ mm

Trockengewebe (DIN 53855)
Dry fabric (DIN 53855)

0,18

Laminat 43 % Faservol.
Laminate fibre fraction 43 % vol

0,15

Faserquerschnitt¹⁾
der Gewebelage mm²/m
Fibre cross section¹⁾
in the fabric layer mm²/m

Kette
Warp

31,6

Schuß
Weft

30,3

Interlaminare Scherfestigkeit²⁾ MPa
(DIN EN 2377)

Kette
warp

50

Interlaminar shear strength²⁾ MPa
(DIN EN 2377)

Schuß
Weft

45

Zugfestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 61)
Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

335

Schuß
Weft

320

Zug-E-Modul²⁾ GPa (DIN EN 61)
Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

18

Schuß
Weft

18

Druckfestigkeit²⁾ MPa (DIN 53 454)
Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 454)

Kette
Warp

375

Schuß
Weft

360

Biegefestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 63)
Flexural strength²⁾ MPa (DIN EN 63)

Kette
Warp

495

Schuß
Weft

460

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 43 ± 2 % Faservolumenanteil

Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
280 g/m² Finish FK 144 / Finish FRP 144

Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
280 g/m² Finish FK 144 / Finish FRP 144

Tragende Teile im Flugzeugbau, Kfz-Bauteile, Boote.
 Gut verformbares Gewebe, schnelle, einfache Tränkung.
Supporting parts in aircraft construction, automobile parts, boats.
Highly mouldable fabric, fast, good impregnation.

Schwarz eingefärbtes Glasgewebe für Kohlefaser-Sichtlaminat. Es wird als zweite Schicht nach der Kohlefaser eingesetzt, um eine optimale Optik zu erzielen. Elektrisch nicht leitend, ähnliche Lamineigenschaften wie das luftfahrtzugelassene Glasfilamentgewebe 280 g/m².
Glass fabric coloured black for carbon designs, used as the second layer after carbon fibre for the optimal visual effects; electrically non-conducting, laminate properties similar to the 280 g/m² glass filament fabric approved for aviation.

190 138-X

Interglas 92125
 WLB 8.4551.60
 GFW 50 (DIN 61854 T.2)

**Werkstoff nach
 Luftfahrtnorm
 Material as per
 aircraft standards**

190 137-X

100	100
7 x 6,5	7 x 6,5
EC 9 - 68x3t0 x EC 9 - 204Z	EC 9 - 68x3t0 x EC 9 - 204Z
Köper 2/2 Twill 2/2	Köper 2/2 Twill 2/2
0,35	0,35
0,25	0,25
55,3	55,3
51,4	51,4
50	~ 50
45	~ 45
335	~ 335
320	~ 320
19	~ 19
18	~ 18
355	~ 355
340	~ 340
495	~ 495
460	~ 460

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 43 ± 2 % fibre volume fraction

GLASFILAMENTGEWEBE, GLASROVINGGEWEBE

GLASS FILAMENT FABRICS, GLASS ROVING FABRICS

Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
296 g/m² Finish FK 144 / Finish FRP 144

Anwendungsgebiet <i>Applications</i>	Flugzeugbau, Modellbau. Webartbedingt weniger Fadenverkreuzungen, daher hohe Festigkeit und gute Verformbarkeit, geringe Harzaufnahme. <i>Aircraft and model construction. Fewer thread crossovers owing to the web type, so high strength and good mouldability, low resin absorption.</i>	
R&G Bestell-Nr./ Interglas-Nr. /US-Style MIL-C-9084c/ WLB-Nr. R&G Order no. /Interglas no. /US style MIL-C-9084c /WLB no.	190 140-X Interglas 91945 US-Style 1581 WLB 8.4567.60 MIL VIII A	Werkstoff nach Luftfahrtnorm Material as per aircraft standards
Breite cm <i>Width cm</i>	100	
Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853) Kette x Schuß <i>Number of ends per cm (DIN 53 853)</i> <i>Warp x weft</i>	22 x 21	
Garntype (DIN-60805) Kette x Schuß <i>Yarn type (DIN 60 850)</i> <i>Warp x weft</i>	EC 9 - 34x2S x EC 9 - 34x2S	
Bindung <i>Weave</i>	Atlas 1/7 <i>Satin 1/7</i>	
Dicke ¹⁾ mm <i>Thickness¹⁾ mm</i>	Trockengewebe (DIN 53 855) <i>Dry fabric (DIN 53 855)</i>	0,40
	Laminat 43 % Faservol. <i>Laminate fibre fraction 43 % vol</i>	0,27
Faserquerschnitt ¹⁾ der Gewebelage mm ² /m <i>Fibre cross section¹⁾</i> <i>in the fabric layer mm²/m</i>	Kette <i>Warp</i>	58,0
	Schuß <i>Weft</i>	55,3
Interlaminare Scherfestigkeit ²⁾ MPa (DIN EN 2377) <i>Interlaminar shear strength²⁾ MPa</i> (DIN EN 2377)	Kette <i>Warp</i>	50
	Schuß <i>Weft</i>	45
Zugfestigkeit ²⁾ MPa (DIN EN 61) <i>Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 61)</i>	Kette <i>Warp</i>	335
	Schuß <i>Weft</i>	320
Zug-E-Modul ²⁾ GPa (DIN EN 61) <i>Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 61)</i>	Kette <i>Warp</i>	19
	Schuß <i>Weft</i>	18
Druckfestigkeit ²⁾ MPa (DIN 53 454) <i>Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 454)</i>	Kette <i>Warp</i>	375
	Schuß <i>Weft</i>	360
Biegefestigkeit ²⁾ MPa (DIN EN 63) <i>Flexural strength²⁾ MPa (DIN EN 63)</i>	Kette <i>Warp</i>	495
	Schuß <i>Weft</i>	460

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 43 ± 2 % Faservolumenanteil

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 43 ± 2 % fibre volume fraction



Glasfilamentgewebe/Glass filament fabric
390 g/m² Finish FK 144 / Finish FRP 144



Glasrovinggewebe/Glass roving fabric
580 g/m² Silan / Silan

Tragende Teile im Flugzeugbau, Kfz-Bauteile, Boote.
Gut verformbares Gewebe, schnelle, einfache Tränkung.
Supporting parts in aircraft construction, automobile parts, boats.
Highly mouldable fabric, fast, good impregnation.

Dickes, preiswertes Gewebe für die Herstellung von Formen, Booten und Behältern. Schneller Aufbau dicker, steifer Laminats.
Thick, low-priced fabric for manufacturing moulds, boats, and receptacles
Fast lay-up of thick, stiff laminates

190 148-X Interglas 92140 WLB 8.4554.60 GFW 80 (DIN 61 854 T.2)	Werkstoff nach Luftfahrtnorm <i>Material as per aircraft standards</i>	190 155-X
100		100
6 x 6,7		1,9 x 1,9
EC 9 - 68x3t0 x EC 9 - 272Z		EC 14 - 1200 tex x EC 14 - 1200 tex
Köper 2/2 Twill 2/2		Köper 2/2 Twill 2/2
0,45		1,10
0,35		0,51
79,1		---
70,6		---
50		---
45		---
335		---
320		---
19		---
18		---
375		---
360		---
495		---
460		---

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 43 ± 2 % Faservolumenanteil

GLAS, UNIDIREKTIONAL, BIAXIAL- GELEGE

GLASS, UNIDIRECTIONAL, BIAXIAL INLAYS

Glasfilamentgewebe UD / Glass filament fabric UD
220 g/m² Finish FK 144 / Finish FRP 144

Anwendungsgebiet
Applications

Alle Bereiche in denen Festigkeit und Steifigkeit in eine Vorzugsrichtung gefordert ist, z.B. Holme und Holmgurte.
All fields requiring strength and rigidity in a specific direction, e.g. spars and spar booms.

R&G Bestell-Nr./Interglas-Nr. /US-Style
MIL-C-9084c /WLB-Nr
R&G Order no. /Interglas no. /US style
MIL-C-9084c /WLB no.

190 157-X
CS-ITG 92145
WLB 8.4520.60
GFW 23 (DIN 61 854 T.2)

**Werkstoff nach
Luftfahrtnorm
Material as per
aircraft standards**

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

6 x 7

Garntype (DIN-60805)
Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 850)
Warp x weft

EC 9 - 68x5 t0 x EC 7 - 22Z

Bindung
Weave

Leinwand (kettverstärkt)
plain (warp-reinforced)



Dicke¹⁾ mm
Thickness¹⁾ mm

Trockengewebe (DIN 53855)
Dry fabric (DIN 53 855)

0,25

Laminat 43 % Faservol.
Laminate fibre fraction 43 % vol

²⁾0,19

Faserquerschnitt¹⁾
der Gewebelage mm²/m
Fibre cross section¹⁾
in the fabric layer mm²/m

Kette
Warp

131,8

Schuß
Weft

6,0

Interlaminare Scherfestigkeit²⁾ MPa
(DIN EN 2377)

Kette
Warp

50

Interlaminar shear strength²⁾ MPa
(DIN EN 2377)

Schuß
Weft

45

Zugfestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 61)
Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

630

Schuß
Weft

Zug-E-Modul²⁾ GPa (DIN EN 61)
Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

33

Schuß
Weft

Druckfestigkeit²⁾ MPa (DIN 53 454)
Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 454)

Kette
Warp

510

Schuß
Weft

Biegefestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 63)
Flexural strength²⁾ MPa (DIN EN 63)

Kette
Warp

810

Schuß
Weft

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 43 ± 2 % Faservolumenanteil

8.58

GLASVLIES UND GLASMATTE

GLASS NON-WOVEN AND GLASS MAT

Glasvlies/Glass non-woven
30 g/m² Pulvergebunden / Powder-bound

Anwendungsgebiet
Applications

Dünnes **Vlies** zum Verstärken von Polyesterharzen. Verbessert die Schlag- und Abriebfestigkeit und die Oberflächenbeschaffenheit von Deckschichten. Bedingt auch für Epoxyharze geeignet.

*Thin **non-woven** for reinforcing polyester resins, it enhances the impact strength, abrasion resistance, and surface quality of overlays; restricted suitability for epoxy resins as well.*

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

190 160-X

Breite cm
Width cm

100

Nennfeinheit Faden (DIN 53 830) tex
Nominal thread count (DIN 53 830) tex

Schnittlänge Faden mm
Chopped fibre length mm

Bindung
Weave

Dicke¹⁾ mm
Thickness¹⁾ mm

Trocken
Dry

Laminat 30% Faservol.
Laminate fibre fraction 30% vol

Binderlöslichkeit s (DIN 52 332)
Binder solubility s (DIN 52 332)

Trockenbruchkraft N/15 cm (DIN EN 63)
Dry fracture strength N/15 cm (DIN EN 63)

Biegefestigkeit trocken¹⁾ MPa (DIN EN 63)
Flexural strength, dry¹⁾ MPa (DIN EN 63)

Biegefestigkeit nach 2 h kochen¹⁾ MPa (DIN EN 63)
Flexural strength after 2 h boiling¹⁾ MPa (DIN EN 63)

Biege-E-Modul¹⁾ trocken GPa (DIN EN 63)
Flexural modulus¹⁾ dry GPa (DIN EN 63)

Zugfestigkeit¹⁾ trocken MPa (DIN EN 61)
Tensile strength¹⁾ dry MPa (DIN EN 61)

¹⁾ Festigkeitswerte der Matten verarbeitet mit UP-Harz, Glasgehalt 30 %

Abbildungen leicht vergrößert

8.60



Preisgünstige Glasfasermatte nur für **Polyesterharze**. Schnelle Tränkung, gute Transparenz; für Boote, Tanks, Behälter, Kfz-Teile, Gartenteiche.
*Low-priced glass mat for **polyester resins** only; fast impregnation, good transparency; for boats, tanks, receptacles, automobile parts, garden ponds.*

Preisgünstige Glasmatte nur für Polyesterharze. Schnelle Tränkung, gute Transparenz; für Boote, Tanks, Behälter, Kfz-Teile, Gartenteiche.
Low-priced glass mat for polyester resins only; fast impregnation, good transparency; for boats, tanks, receptacles, automobile parts, garden ponds.

190 165-X	190 170-X
125	125
15	30
50	50
pulvergebunden, in Styrol löslich <i>powder-bound, soluble in styrene</i>	pulvergebunden, in Styrol löslich <i>powder-bound, soluble in styrene</i>
0,50	1,00
0,29	0,58
≤ 20	≤ 20
≤ 75	≤ 150
165	155
160	145
6,5	6,5
95	85

¹⁾Mechanical properties of mats processed with UP resin, glass content 30 % Illustrations slightly enlarged

Anwendungsgebiet
Applications

Beschichtungen und Laminat im Modellbau, Sandwichbauteile.
Gewaschene Qualität.
Linings and laminates in model construction, sandwich components.
Washed quality.

R&G Bestell-Nr. /Interglas-Nr. /US-Style
MIL-C-9084c /WLB-Nr.
R&G Order no. /Interglas no. /US style
MIL-C-9084c /WLB no.

190 199-X
US-Style 240

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

8 x 8

Garntype (DIN 60 805)
Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 805)
Warp x weft

Aramid HM 22 tex x Aramid HM 22 tex

Bindung
Weave

Leinwand
Plain

Dicke¹⁾ mm
Thickness¹⁾ mm

Trockengewebe (DIN 53 855)
Dry fabric (DIN 53 855)

0,10

Laminat 43 % Faservol.
Laminate fibre fraction 43 % vol

0,07

Restpräp.masseanteil¹⁾ (DIN 54 278) %
Residual fraction of prep.compound¹⁾ (DIN 54 278) %

0,2 max.

Feuchtegehalt¹⁾ (DIN 53 800) %
Moisture content¹⁾ (DIN 53 800) %

3 max.

Faserquerschnitt¹⁾
der Gewebelage mm²/m
Fibre cross section¹⁾
in the fabric layer mm²/m

Kette
Warp

Schuß
Weft

Zugfestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 61)
Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

Schuß
Weft

Zug-E-Modul²⁾ GPa (DIN EN 61)
Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

Schuß
Weft

Druckfestigkeit²⁾ MPa (DIN 53 454)
Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 454)

Kette
Warp

Schuß
Weft

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 43 ± 2 % Faservolumenanteil

8.62



Aramidgewebe/Aramid fabric 61 g/m²	Aramidgewebe/Aramid fabric 110 g/m²
Lamine und Sandwichbauteile im Flugzeugbau und Modellbau. Gewaschene Qualität. <i>Laminates and sandwich components in aircraft and model construction, .</i> Washed quality.	Lamine im Flugzeugbau, Modellbau, Motorsport. Gut verformbares Körpergewebe für komplizierte Bauteile. Gewaschene Qualität. <i>Laminates in aircraft and model construction, motor sports; easily mouldable twill for complex components .</i> Washed quality.

190 199-X US-Style 120 WLB 5.2230	Werkstoff nach Luftfahrtnorm <i>Material as per aircraft standard</i>	190 203-X US-Style 140 WLB 5.2231	Werkstoff nach Luftfahrtnorm <i>Material as per aircraft standard</i>
100		100	
13,5 x 13,5		13 x 13	
Aramid HM 22 tex x Aramid HM 22 tex		Aramid HM 43 tex x Aramid HM 43 tex	
Leinwand <i>Plain</i>		Köper 2/2 <i>Twill 2/2</i>	
0,13		0,26	
0,12		0,22	
0,2 max.		0,2 max.	
3 max.		3 max.	
20,25		36,4	
20,25		36,4	
400		410	
350		360	
23		23	
20		20	
120		100	
—		—	

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 43 ± 2 % fibre volume fraction

Aramidgewebe/Aramid fabric
170 g/m²

Anwendungsgebiet
Applications

Laminates im UL-Flugzeugbau, Modellbau, Motorsport (z.B. Verkleidungen, Unterbodenschutz), Bootsbau. Gut verformbares Körpergewebe für komplizierte Bauteile. **Gewaschene Qualität.**
Laminates in ultralight aircraft construction, model aircraft construction, motor sports (e.g. cowlings, underbody protection), boat building, model boat construction; easily mouldable twill for complex components.
Washed quality.

R&G Bestell-Nr./ US-Style
WLB-Nr.
R&G Order no./US style
WLB no.

190 205-X
US-Style 284
WLB 5.2237

**Werkstoff nach
Luftfahrtnorm**
**Material as per
aircraft standard**

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

6,5 x 6,2

Garntype (DIN 60 805)
Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 805)
Warp x weft

Aramid HM 127 tex x Aramid HM 127 tex

Bindung
Weave

Köper 2/2
Twill 2/2

Dicke¹⁾ mm
Thickness¹⁾ mm

Trockengewebe (DIN 53 855)
Dry fabric (DIN 53 855)

0,38

Laminat 43 % Faservol.
Laminate fibre fraction 43 % vol

0,34

Restpräp.masseanteil¹⁾ (DIN 54 278) %
Residual fraction of prep.compound¹⁾ (DIN 54 278) %

0,2 max.

Feuchtegehalt¹⁾ % (DIN 53 800)
Moisture content¹⁾ (DIN 53 800) %

3 max.

Faserquerschnitt¹⁾
der Gewebelage mm²/m

Kette
Warp

36,4

Fibre cross section¹⁾
in the fabric layer mm²/m

Schuß
Weft

36,4

Zugfestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 61)
Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

410

Schuß
Weft

360

Zug-E-Modul²⁾ GPa (DIN EN 61)
Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 61)

Kette
Warp

23

Schuß
Weft

20

Druckfestigkeit²⁾ MPa (DIN 53 454)
Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 454)

Kette
Warp

100

Schuß
Weft

—

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 43 ± 2 % Faservolumenanteil

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 43 ± 2 % fibre volume fraction

8.64



Schutzhelm aus Aramidgewebe

Safety helmet of aramid fabric



Unbearbeitete Innenseite eines Formteils aus Kohlegewebe

Unfinished inner side of a moulded carbon fabric part

Fotos: Bakelite

Kohlegewebe/Carbon fabric
65 g/m²

Anwendungsgebiet
Applications

Hochfeste, **sehr dünne Lamine** und **Beschichtungen**. Sehr gut geeignet für den Modellbau und leichte, hochfeste Beschichtungen und Sandwich-Konstruktionen.
High-tensile, very thin laminates and linings. Ideal for model construction and lightweight, high-tensile linings and sandwich constructions.

R&G Bestell-Nr. US-Style
WLB-Nr.
R&G Order no. US style
WLB no.

190 220-X

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

5 x 5

Garntype (DIN 60 805)
Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 805)
Warp x weft

67 tex x 67 tex

Bindung
Weave

Leinwand
Plain

Dicke¹⁾ mm
Thickness¹⁾ mm

Trockengewebe (DIN 53 855)
Dry fabric (DIN 53 855)

0,10

Laminat 43 % Faservol.
Laminate fibre fraction 43 % vol.

0,09

Faserquerschnitt¹⁾
der Gewebelage mm²/m
Fibre cross section¹⁾
in the fabric layer mm²/m

Kette
Warp

Schuß
Weft

Zugfestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 2561)
Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 2561)

Kette
Warp

Schuß
Weft

Zug-E-Modul²⁾ GPa (DIN EN 2561)
Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 2561)

Kette
Warp

Schuß
Weft

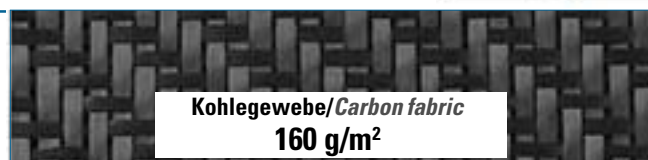
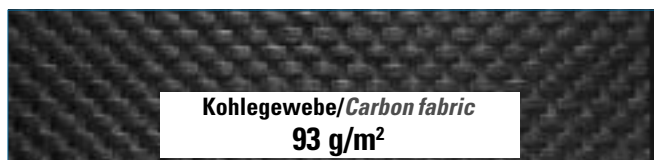
Druckfestigkeit²⁾ MPa (DIN 53 380)
Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 380)

Kette
Warp

Schuß
Weft

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 50 ± 2 % Faservolumenanteil



Hochfeste, **dünne Lamine**. Aufgrund der Garnfeinheit und hohen Fadenzahl ergibt sich ein **dichtes Webbild**. Sehr gut geeignet für den Modellbau, z.B. für Luftschrauben.
*High-tensile, thin laminates. The yarn number and high number of ends yield a **tight weave**. Ideal for model construction, e.g. for propellers.*

Tragende Teile im **Flugzeugbau**, Modellbau, Motorsport, Boot- und Sportgerätebau.
*Supporting parts in model and **aircraft construction**, motor sports, boat building, and design of sports equipment.*

190 223-X
 US-Style 469
 WLB 8.3505

Werkstoff nach Luftfahrtnorm
Material as per aircraft standard

190 225-X
 US-Style 442
 WLB 8.3508

Werkstoff nach Luftfahrtnorm
Material as per aircraft standard

100	100
7 x 7	4 x 4
67 tex x 67 tex	200 tex x 200 tex
Leinwand <i>Plain</i>	Leinwand <i>Plain</i>
0,13	0,27
0,12	0,21
26	45
26	45
550	500
550	500
52	45
52	45
440	400
440	400

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 50 ± 2 % fibre volume fraction

Anwendungsgebiet
Applications

Tragende Teile im **Flugzeugbau**, Modellbau, Motorsport, Boot- und Sportgerätebau.
Supporting parts in model and aircraft construction, motor sports, boat building, and design of sports equipment.

R&G Bestell-Nr. US-Style
WLB-Nr.
R&G Order no. US style
WLB no.

190 230-X
US-Style 452
WLB 8.3520

Werkstoff nach
Luftfahrtnorm
Material as per
aircraft standard

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

5 x 5

Garntype (DIN 60 805)
Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 805)
Warp x weft

200 tex x 200 tex

Bindung
Weave

Köper 2/2
Twill 2/2

Dicke¹⁾ mm
Thickness¹⁾ mm

Trockengewebe (DIN 53 855)
Dry fabric (DIN 53 855)

0,30

Laminat 43 % Faservol.
Laminate fibre fraction 43 % vol

0,27

Faserquerschnitt¹⁾
der Gewebelage mm²/m
Fibre cross section¹⁾
in the fabric layer mm²/m

Kette
Warp

56

Schuß
Weft

56

Zugfestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 2561)
Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 2561)

Kette
Warp

660

Schuß
Weft

660

Zug-E-Modul²⁾ GPa (DIN EN 2561)
Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 2561)

Kette
Warp

55

Schuß
Weft

55

Druckfestigkeit²⁾ MPa (DIN 53 380)
Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 380)

Kette
Warp

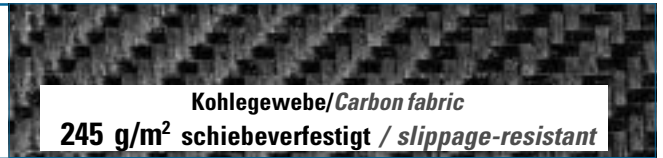
460

Schuß
Weft

460

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 50 ± 2 % Faservolumenanteil



Tragende Teile im **Flugzeugbau**, Modellbau, Motorsport, Boot- und Sportgerätebau. **Carbon-Sichtteile** im Fahrzeugbau.
Supporting parts in model and aircraft construction, motor sports, boat building, and design of sports equipment; carbon designs in automotive engineering.

Dieses Gewebe basiert auf dem Kohlegewebe 245 g/m² nach Luftfahrtnorm. Es ist mit einem EP-Binder schiebeverfestigt. Geschnittene Stücke verlieren dadurch keine Fäden. Durch Wärme (Presswerkzeug) kann das Gewebe vor dem Tränken mit Harz vorgeformt werden. Speziell für **Carbon-Sichtteile** im Fahrzeugbau.
This fabric is based on the 245 g/m² carbon fabric approved for aviation. Its EP binder prevents slippage, so cut pieces do not lose threads. Heat (pressure mould) can be used to preform the fabric before impregnation with resin. Specifically for carbon designs in automotive engineering.

190 235-X
 US-Style 462
 WLB 8.3522

**Werkstoff nach
 Luftfahrtnorm
 Material as per
 aircraft standard**

100	100
6 x 6	6 x 6
200 tex x 200 tex	200 tex x 200 tex
Köper 2/2 Twill 2/2	Köper 2/2 Twill 2/2
0,35	0,35
0,32	0,32
124	124
124	124
660	660
660	660
55	55
55	55
460	460
460	460

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 50 ± 2 % fibre volume fraction

Kohlegewebe/Carbon fabric
245 g/m² Prepreg / Prepreg

Anwendungsgebiet
Applications

Mit Epoxidharz imprägniertes, verformbares Gewebe, das unter Druck und Hitze aushärtet. Hochfeste Bauteile, die rationell in Preßwerkzeugen oder im Vakuum gefertigt werden. Basiert auf dem Kohlegewebe 245 g/m². Körper Harzgehalt ca. 45%, Aushärtung bei 135 °C 70 - 90 Min., Pressdruck 1 - 5 bar. Lagerfähigkeit bei RT ca. 10 Wochen, im Kühlschrank bei 8 - 10 °C ca. 3 Monate Rückseite mit Trägerfolie zum Abziehen.
Mouldable fabric pre-impregnated with epoxy resin that cures under pressure and heat. High-tensile components manufactured economically in pressure moulds or vacuum. Based on the 245 g/m² twill carbon fabric (see above). Resin content approx. 45%, curing at 135 °C after 70-90 minutes, moulding pressure 1-5 bar. Shelf life at room temperature approx. 10 weeks, in refrigerator at 8-10 °C approx. 3 months. Rear side with detachable supporting film.

R&G Bestell-Nr. US-Style
WLB-Nr.
R&G Order no. US style
WLB no.

190 237-X

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853)
Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853)
Warp x weft

6 x 6

Garntype (DIN 60 805)
Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 805)
Warp x weft

200 tex x 200 tex

Bindung
Weave

Köper 2/2
Twill 2/2

Dicke¹⁾ mm

Trockengewebe (DIN 53 855)
Dry fabric (DIN 53 855)

0,35

Thickness¹⁾ mm

Laminat 43 % Faservol.
Laminate fibre fraction 43 % vol

0,32

Faserquerschnitt¹⁾
der Gewebelage mm²/m

Kette
Warp

124

Fibre cross section¹⁾
in the fabric layer mm²/m

Schuß
Weft

124

Zugfestigkeit²⁾ MPa (DIN EN 2561)

Kette
Warp

660

Tensile strength²⁾ MPa (DIN EN 2561)

Schuß
Weft

660

Zug-E-Modul²⁾ GPa (DIN EN 2561)

Kette
Warp

55

Tensile modulus²⁾ GPa (DIN EN 2561)

Schuß
Weft

55

Druckfestigkeit²⁾ MPa (DIN 53 380)

Kette
Warp

460

Compressive strength²⁾ MPa (DIN 53 380)

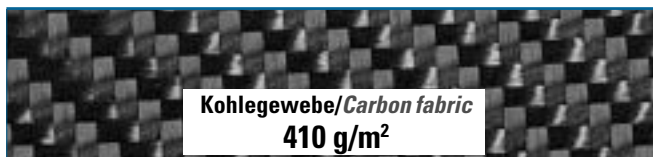
Schuß
Weft

460

¹⁾ Informationswert, kein Qualifikationswert

²⁾ Laminatwerte mit EP-Harz (WL 5.3200 Teil 1 + 2), 50 ± 2 % Faservolumenanteil

8.70



Kohlegewebe/Carbon fabric
410 g/m²

Motorsport, Formenbau, Boot- und Sportgerätebau.
Motor sports, mould construction, boat building, design of sports equipment.

190 240-X
US-Style 402

127

5 x 5

400 tex x 400 tex

Köper 2/2
Twill 2/2

0,60

0,54

¹⁾ Information value, not a qualification value

²⁾ Laminate values with EP resin (WL 5.3200 T 1 + 2), 50 ± 2 % fibre volume fraction

KOHLE, UNIDIREKTIONAL UND BIAXIAL-GELEGE

CARBON, UNIDIRECTIONAL AND BIAXIAL INLAYS

140 g/m² Unidirektional / unidirectional

Anwendungsgebiet
Applications

Für deren Anwendungen, bei denen Festigkeit und Steifigkeit in eine Vorzugsrichtung gefordert ist (z.B. Holme, Holmgurte).
All fields requiring strength and rigidity in a specific direction (e.g. spars and spar booms).

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

190 250-X

Werkstoff nach Luftfahrtnorm
Material as per aircraft standards

Breite cm
Width cm

100

Technische Daten
Specifications

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853) Kette x Schuß 6 x 6
88% Kohle, 12% Glas
No. of ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft 6 x 6 88% carbon
12% glass.

Bindung
Weave

Leinwand, Kette 200 tex, Kohle HTA, Schuß 34 tex, E-Glas
Plain, Warp 200 tex, carbon HTA, weft 34 tex, E Glass



Dicke¹⁾ mm

Trocken
Dry

0,20

Thickness¹⁾ mm

Laminat¹⁾
Laminate¹⁾

0,17

250 g/m² Gelege aus Hochmodul-Kohlefaser
unidirectional inlay of high modulus carbon fibres

Anwendungsgebiet
Applications

Unidirektionales Gelege, absolut flach liegend. Hergestellt aus **Hochmodul-Kohle-faser**. Gegenüber der sonst verwendeten HT-Faser ergibt sich eine um etwa 60 % höhere Steifigkeit der Bauteile bei gleicher Zugfestigkeit. Die Bruchdehnung liegt mit 1,1 % nur etwa 27 % unter der HT-Faser. Beidseitig mit Folie.
Unidirectional inlay, lying absolutely flat; made of **high modulus carbon fibres**. Component rigidity greater by about 60% than conventional HT fibres of equal tensile strength; 1.1% elongation at break is only about 27% less than HT fibres. Film on both sides.

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

190 254-X

Breite cm
Width cm

24,4

Technische Daten
Specifications

Kohle UHM Sumitomo Dialead K 63712, Haftfadengitter (ca. 5 g/m²) + Trennfolie zum Vorränken und Abziehen
Carbon UHM Sumitomo Dialead K 63712 + anchoring grid (approx. 5 g/m²) + release film for pre-impregnating and detaching

Bindung
Binding

Parallel liegende, flächig geschlossene Fasern, einseitige Gitter
Parallel fibres sealed over the whole surface, with anchoring grid



Dicke¹⁾ mm

Trocken
Dry

0,35

Thickness¹⁾ mm

Laminat¹⁾
Laminate¹⁾



0,26

¹⁾ Laminatwert rechnerisch 45 % Faservolumenanteil



Abbildungen der Gewebe leicht vergrößert

8.72

Vorderseite / front side	Rückseite / rear side	Vorderseite / front side	Rückseite / rear side
80 g/m² Kohlegelege / Carbon inlay UD		125 g/m² Kohlegelege / Carbon inlay UD	
<p>Unidirektionales Gelege, absolut flach liegend, nahezu 100 % Ausnutzung der Fasereigenschaften, vor allem deutlich höhere Druckfestigkeit als Gewebe, höherer Fasergehalt möglich, beliebige Zuschnitte ohne Ausfransen. Einseitig mit Folie.</p> <p><i>Unidirectional inlay, lying absolutely flat, almost 100 % utilisation of fibre properties, above all considerably higher compressive strength than fabric, higher fibre content possible, all cuts possible without fraying. Film on one side.</i></p>		<p>Unidirektionales Gelege, absolut flach liegend, nahezu 100 % Ausnutzung der Fasereigenschaften, vor allem deutlich höhere Druckfestigkeit als Gewebe, höherer Fasergehalt möglich, beliebige Zuschnitte ohne Ausfransen. Einseitig mit Folie.</p> <p><i>Unidirectional inlay, lying absolutely flat, almost 100 % utilisation of fibre properties, above all considerably higher compressive strength than fabric, higher fibre content possible, all cuts possible without fraying. Film on one side.</i></p>	

190 247-X	190 249-X
30	30
<p>Kohle HT Torayca T 700 SC + Haftfadengitter (ca. 3 g/m²) + Trennfolie zum Vortränken und Abziehen. <i>Carbon HT Torayca T 700 SC + anchoring grid (approx. 3 g/m²) + release film for pre-impregnating and detaching.</i></p>	<p>Kohle HT Torayca T 700 SC + Haftfadengitter (ca. 3 g/m²) + Trennfolie zum Vortränken und Abziehen. <i>Carbon HT Torayca T 700 SC + anchoring grid (approx. 3 g/m²) + release film for pre-impregnating and detaching.</i></p>
<p>Parallel liegende, flächig geschlossene Fasern, einseitige Gitter <i>Parallel fibres sealed over the whole surface, grid on one side</i></p> 	<p>Parallel liegende, flächig geschlossene Fasern, einseitige Gitter <i>Parallel fibres sealed over the whole surface, grid on one side</i></p> 

0,12	0,20
0,11	0,16

160 g/m² Biaxial-Kohlegelege / biaxial carbon inlay ± 45°	290 g/m² Biaxial-Gelege / biaxial carbon inlay ± 45°
<p>Bei diesem Biaxial-Gelege sind zwei Lagen UD-Gelege im Winkel von ± 45° gelegt. Absolut flach liegend, nahezu 100 % Ausnutzung der Fasereigenschaften. Beliebige Zuschnitte ohne Ausfransen. Einseitig mit Folie. <i>This biaxial inlay has two plies of unidirectional inlay laid at an angle of ±45° to each other; lying absolutely flat, almost 100% utilisation of fibre properties, all cuts possible without fraying; film on one side.</i></p>	<p>Bootsbau, UL-Flugzeugbau, Torsionselemente, Sportgeräte, Motorsport. Bei diesen Biaxial-Gelegen sind zwei Lagen UD-Gelege im Winkel von ± 45° vernäht. Die Drapierfähigkeit (Flexibilität) des Gewebes ist hoch. <i>Boat building, ultralight aircraft construction, torsional elements, sports equipment, motor sports; these biaxial inlays have two plies of unidirectional inlay sewn at an angle of ±45° to each other. High drapability (flexibility) of the fabric.</i></p>
190 253-X	190 255-X
52	128
<p>Kohle HT Torayca T 700 SC + Haftfadengitter (ca. 3 g/m²) + Trennfolie zum Vortränken und Abziehen. <i>Carbon HT Torayca T 700 SC + anchoring grid (approx. 3 g/m²) + release film for pre-impregnating and detaching.</i></p>	<p>- 45° und + 45° = 7,24 Fd/cm, Material 3 K HT-Kohle Torayca T 300, Gewicht 145 g/m² + ca. 22 g Polyester-Nähgarn 0°/90°. Haltefäden aus 34 tex E-Glas. - 45° and + 45° = 7.24 ends per cm, material 3 K HT carbon Torayca T 300, weight 145 g/cm² + approx. 11 g polyester sewing thread 0°/90°. Anchoring threads of 34 tex E glass.</p>
<p>Parallel liegende, flächig geschlossene Fasern, einseitige Gitter. 2 Lagen im Winkel ± 45° <i>Parallel fibres sealed over the whole surface, grid on one side, 2 layers at an angle of ± 45°</i></p> 	<p>Leinwand, 2 Lagen Unidirektional + 45°/- 45° <i>Plain, 2 plies of unidirectional + 45° / -45°</i></p> 

0,25	0,40
0,2	0,36

¹⁾Theoretical laminate values based on 45 % fibre volume fraction Illustrations of fabrics slightly enlarged

KOHLE, UNIDIREKTIONAL UND BIAXIAL-GELEGE

CARBON, UNIDIRECTIONAL AND BIAXIAL INLAY

420 g/m²

Biaxial-Gelege / biaxial prepreg, ± 45°

Anwendungsgebiet
Application

Bootsbau, UL-Flugzeugbau, Torsionselemente, Sportgeräte, Motorsport. Bei diesen Biaxial-Gelegen sind zwei Lagen UD-Gelege im Winkel von ± 45° vernäht. Die Drapierfähigkeit (Flexibilität) des Gewebes ist hoch.
Boat building, ultralight aircraft construction, torsional elements, sports equipment, motor sports. These biaxial inlay have two plies of unidirectional inlay sewn at an angle of ± 45° to each other. High drapability (flexibility) of the inlay.

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

190 260-X

Breite cm
Width cm

128

Technische Daten
Specifications

- 45° und + 45° = 5,5 Fd/cm, Material 6 K HT-Kohle Torayca T 300, Gewicht 201 g/m² + ca. 12 g Polyester-Nähgarn 0°/90°.
Haltefäden aus 34 tex E-Glas.
- 45° and + 45° = 5.5 ends per cm, material 6 K HT carbon Torayca T 300, weight 201 g/cm² + approx. 6 g polyester sewing thread 0°/90°. **Anchoring threads** of 34 tex E glass

Bindung
Weave

Leinwand, 2 Lagen Unidirektional + 45°/- 45°
Plain, 2 plies unidirectional + 45°/- 45°



Dicke¹⁾ mm

Trocken
Dry

0,60

Thickness¹⁾ mm

Laminat¹⁾
Laminate¹⁾

0,52

¹⁾Laminatwert rechnerisch 45 % Faservolumenanteil; Abbildungen der Gewebe leicht vergrößert

¹⁾Theoretical laminate values based on 45 % fibre volume fraction Illustrations of fabrics slightly enlarged



Foto: Bakelite

Biaxial-Gelege aus Glas- und Kohlefasern werden vor allem in Windkraftflügeln und Schiffsrümpfen eingesetzt.



Foto: Bakelite

Biaxial inlays of glass and carbon fibres are used primarily in wind turbine blades and ship's hulls.

8.74



HYBRID, MISCHFASERGEWEBE HYBRID FABRICS

68 g/m² Kohle/Aramid / Carbon/Aramid

Anwendungsgebiet
Applications

Modellbau, Kfz, Sportgerätebau. Steifigkeit und hohe Druckfestigkeit durch die **Kohlefaser**, Schlagzähigkeit und Arbeitsaufnahmevermögen durch die **Aramidfaser**.

Model construction, design of automobiles and sports equipment. Carbon fibres for rigidity and high compressive strength. Aramid fibres for impact strength and energy absorption capacity.

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

190 208-X

Breite cm
Width cm

100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853) Kette x Schuß
Technische Daten
*No. of ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft
Specifications*

Kette 9 Fd/cm, Kohle HT 1K, Aramid HM, (Verhältnis 1:2)
Schuß 9 Fd/cm, Kohle HT 1K, Aramid HM, (Verhältnis 1:2)
*warp 9 ends/cm, carbon HT 1K, aramid HM (ratio 1:2)
weft 9 ends/cm, carbon HT 1K, aramid HM (ratio 1:2)*

Bindung
Weave

Leinwand
Plain

Dicke¹⁾ mm

Trocken
Dry

0,13

Thickness¹⁾ mm

Laminat¹⁾
Laminate¹⁾

0,09

Design-Kohlegewebe / Designer carbon fabric

Anwendungsgebiet
Applications

Design-Kohlegewebe auf Basis des 245 g/m²-Kohlegewebes mit farbigen Kennfäden in Schußrichtung. Gewicht aufgrund der eingefärbten Glasgarne 515 g/m². Für Oberflächen in Kohlefaseroptik z.B. im Fahrzeugbau.

Designer carbon fabric based on 245 g/m² carbon fabric with coloured marking threads along the weft; weight 515 g/m² owing to coloured glass fibre yarns; for surfaces with attractive carbon fibre patterns, e.g. in automotive engineering.

Design-Kohlegewebe wird nur in kleinen Mengen für spezielle Anwendungen gefertigt. Daraus gefertigte Bauteile besitzen ein **brillantes und exclusives Aussehen**.

Designer carbon fabric is manufactured only in small quantities for special applications. Components made of this material exhibit a brilliant and exclusive appearance.

Lieferbare Farben: schwarz - rot, schwarz - blau

Available colours: black- red, black- blue

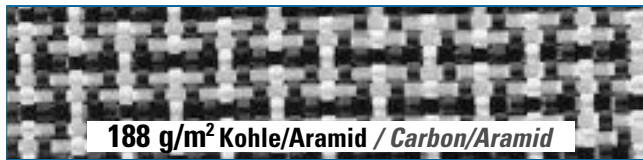
Farbige Abbildungen finden Sie im Internet unter www.r-g.de -> e-Shop -> Neuheiten

Colour photos are available in the internet under www.r-g.de -> e-Shop -> News

¹⁾ Laminatwert rechnerisch 45 % Faservolumenanteil; Abbildungen der Gewebe leicht vergrößert

¹⁾ Theoretical laminate values based on 45 % fibre volume fraction; illustrations of fabrics slightly enlarged

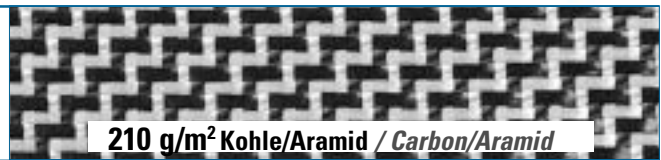
8.76



188 g/m² Kohle/Aramid / Carbon/Aramid

Modellbau, Kfz, Sportgerätebau. Steifigkeit und hohe Druckfestigkeit durch die **Kohlefaser**, Schlagzähigkeit und Arbeitsaufnahmevermögen durch die **Aramidfaser**.

Model construction, design of automobiles and sports equipment. Carbon fibres for rigidity and high compressive strength. Aramid fibres for impact strength and energy absorption capacity.



210 g/m² Kohle/Aramid / Carbon/Aramid

Modellbau, Kfz, Sportgerätebau. Steifigkeit und hohe Druckfestigkeit durch die **Kohlefaser**, Schlagzähigkeit, Arbeitsaufnahmevermögen und Verschleißfestigkeit durch die **Aramidfaser**.

Model construction, design of automobiles and sports equipment, boat building. Carbon fibres for rigidity and high compressive strength. Aramid fibres for impact strength, energy absorption capacity, and wear resistance.

190 210-X

80 , 100

Kette 5 Fd/cm, Kohle HT, Aramid HM, 158/200 tex, (1:2 Af : Cf)
 Schuß 5 Fd/cm, Kohle HT, Aramid HM, 158/200 tex, (2:1 Af:Cf)
 Warp 5 ends/cm carbon HT, aramid HM 158/200 tex (1:2 AF:CF)
 Weft 5 ends/cm carbon HT, aramid HM 158/200 tex (2:1 AF:CF)
 56 % CF 44% AF

Leinwand
 Plain

0,31

0,25

190 212-X

100

Kette 6,5 Fd/cm, Kohle HT, Aramid HM, 127/200 tex, (1:1 Af : Cf)
 Schuß 6 Fd/cm, Kohle HT, Aramid HM, 127/200 tex, (1:1 Af:Cf)
 Warp 6.5 ends/cm carbon HT, aramid HM 127/200 tex (1:1 AF:CF)
 Weft 6 ends/cm carbon HT, aramid HM 127/200 tex (1:1 AF:CF)
 61% CF 39 % AF

Köper 3/1
 Twill 3/1

0,37

0,28



Foto : Bakelite

Im Sportgerätebau werden häufig Hybridgewebe aus Aramid-und Kohlefaser eingesetzt, um optimale Steifigkeit mit hoher Schlagzähigkeit zu verbinden.

Hybrid fabrics of aramid and carbon fibres are frequently used in the design of sports equipment, combining the optimal rigidity with high impact strength.

DYNEEMA®, NYLON-ABREISSGEWEBE
DYNEEMA®, NYLON TEAR-OFF FABRICS

160 g/m² Dyneema®

Anwendungsgebiet
Applications

Polyethylenfasergewebe mit **niedrigster Dichte** (0,97 g/cm²) und **sehr hoher Zugfestigkeit** und **Schlagzähigkeit**. Übertrifft die positiven Eigenschaften der Aramidfaser. Anwendung z.B. in Booten, Kajaks, Schutzhelmen, Panzerungen/Ballistik.
Polyethylene fibre fabric with **lowest density** (0.97 g/cm²) and **very high tensile and impact strengths**. Exceeds the positive properties of aramid fibres. Use e.g. in boats, kayaks, safety helmets, and armouring / ballistic materials.

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

190 320-X

Breite cm
Width cm

100

Technische Daten
Specifications

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853), Kette x Schuß 18 x 18
 Material Dyneema®, SK 65, 44 tex
 Ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft 18 x 18
 material Dyneema® SK 65 44 tex

Bindung
Weave

Köper 2/2
Twill 2/2

Dicke¹⁾ mm

Trocken
Dry

0,34

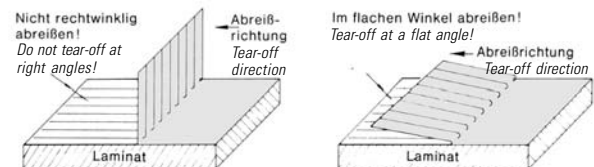
Thickness¹⁾ mm

Laminat¹⁾
Laminate¹⁾

-

100 g/m² Abreißgewebe / Tear-off fabric

Anwendungsgebiet
Applications



R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

190 183-X

Breite cm
Width cm

50

Technische Daten
Specifications

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853), Kette x Schuß 22 x 20
 Material 235 dtex, Polyamid 6.6 Multifil Polyamid
 Ends per cm (DIN 53 853) warp x weft 22 x 20
 Material 235 dtex polyamide 6.6 Multifil polyamide

Bindung
Weave

Köper
Twill

Dicke¹⁾ mm

Trocken
Dry

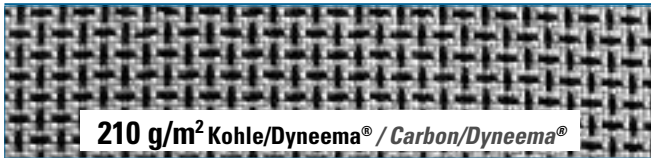
0,19

Thickness¹⁾ mm

Laminat¹⁾
Laminate¹⁾

¹⁾ Laminatwert rechnerisch 45 % Faservolumenanteil; Abbildungen der Gewebe leicht vergrößert

8.78



210 g/m² Kohle/Dyneema® / Carbon/Dyneema®

Mischfasergewebe aus Kohlefaser/Dyneema®. Ergibt eine verbesserte Haftung sowie eine höhere Steifigkeit der Lamine durch die Kohlefaser und eine hohe Schlagzähigkeit durch Dyneema®. Zusätzlich sehr dekorativ (schwarz-weiße Optik), kein Aufschwimmen beim Laminieren. Anwendung z.B. in Booten, Kajaks, Flugzeugrümpfen, Schutzhelmen.
Hybrid fabric of carbon fibre and Dyneema®. Carbon fibres yield improved adhesion and enhanced laminate rigidity, Dyneema® high impact strength. In addition highly decorative (black and white effects), no floating during lamination.
Use e.g. in boats, kayaks, fuselages, safety helmets.

190 325-X

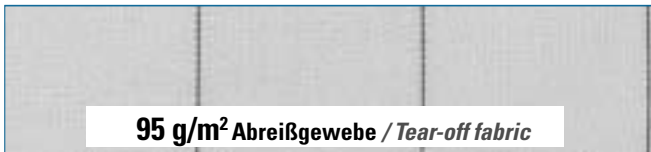
100

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853), Kette x Schuß 6,5 x 6,5
 Material Dyneema®, SK 65, 132 tex, Kohle HT 200 tex, Verhältnis 2 : 1 (Dyneema® : Kohle)
Ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft 6.5 x 6.5
 Material Dyneema® SK 65 132 tex carbon HT 200 tex ratio 2:1 (Dyneema® : Carbon)

Leinwand
 Twill

0,43

0,39



95 g/m² Abreißgewebe / Tear-off fabric



**95 g/m² Abreißgewebebänder
 Roll of tear-off fabric**

Nylon-Abreißgewebe wird als letzte Lage in ein Epoxyd- oder Polyesterharzlaminate eingebracht. Nach der Aushärtung bzw. vor einer Verklebung der Teile wird das Abreißgewebe **abgeschält** (abgerissen). Es hinterläßt eine **schmierfilmfreie, klebbare Oberfläche** mittlerer Rauigkeit. Universell für Epoxyd-, Vinylester- und Polyesterharze.

*Nylon tear-off fabric is applied as the last layer in an epoxy or polyester resin laminate. The tear-off fabric is **peeled off** (torn off) before the part is cured or joined with adhesive. It leaves a **surface of medium roughness** which is **free of lubricating film** and can be joined with adhesive. Universal for epoxy, vinyl ester, and polyester resins.*

190 185-X	190 186-X	190 187-X	190 189-X	200 147-X	200 148-X	200 149-X	200 151-X
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

50	75	100	150	2	4	6	10
----	----	-----	-----	---	---	---	----

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853), Kette x Schuß 19 x 19
 Material 235 dtex, Polyamid 6.6 Multifil Polyamid
Ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft 19 x 19
 Material 235 dtex polyamide 6.6 Multifil polyamide

Leinwand
 Plain

0,18

¹⁾ Theoretical laminate values based on 45% fibre volume fraction; illustrations of fabrics slightly enlarged

VERSTÄRKUNGSBÄNDER, GLAS, ARAMID, KOHLE

REINFORCING TAPES, GLASS, ARAMID, CARBON

220 g/m² UD-Glas /Unidirectional glass



Anwendungsgebiet
Applications

Unidirektionales Band mit hoher Festigkeit in Längsrichtung (Ketttrichtung), z.B. für Holme, Gurtbänder, Sportgeräte (Bögen/Ski).
Unidirectional tape with high longitudinal strength (along the warp lines), e.g. for spars, belt webbing, sports equipment (bows, skis).

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

200 **200** **200**
105-X **110-X** **111-X**

Breite cm
Width cm

20 50 60

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853) Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft

5 x 5, Verhältnis Kette x Schuß 10 : 1
5 x 5, ratio Warp x weft 10 : 1

Garntyp (DIN 60 850) Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 850) Warp x weft

300 tex E-Glas x 22 tex E-Glas
300 tex E glass x 22 tex E glass

Dicke mm, trocken
Thickness mm, dry

0,25

Bindung und Schlichte
Weave and size

Leinwand kettverstärkt, Silanschlichte
Plain warp-reinforced, silane size

180 g/m² Aramid/aramid



Anwendungsgebiet
Applications

Verstärkungen und gewickelte Bauteile mit hoher Zugfestigkeit, Schlagzähigkeit, Verschleißfestigkeit und hohem Arbeitsaufnahmevermögen.
Reinforcements and wound components with high tensile strength, impact strength, wear resistance, and high energy absorption capacity.

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

200
190-X

Breite cm
Width cm

50

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853) Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft

5 x 5

Garntyp (DIN 60 850) Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 850) Warp x weft

Aramid HM

Dicke mm, trocken
Thickness mm, dry

0,20

Bindung und Schlichte
Weave and size

Köper, ungewaschen
Twill, unwashed

↓ Ketttrichtung/warp → Schussrichtung/weft

8.80

120 g/m² Glas/Glass			225 g/m² Glas / Glass		
Leichtes Gewebeband mit fester Kante. Einsatz als Rumpfnahband, für Tanks, Rohre, Reparaturen und Verstärkungen aller Art, Modellbau, Bootsbau, Sportgerätebau. <i>Lightweight fabric tape with a strong edge. Use on body seams, for tanks, pipes, repairs, and all kinds of reinforcements, model construction, boat building, sports equipment.</i>			Mittelschweres Gewebeband mit fester Kante. Einsatz als Rumpfnahband, für Tanks, Rohre, Reparaturen und Verstärkungen aller Art, Modellbau, Bootsbau, Sportgeräte. <i>Medium-heavy fabric tape with a strong edge. Use on body seams, for tanks, pipes, repairs, and all kinds of reinforcements, model construction, boat building, sports equipment.</i>		

200 115-X	200 120-X	200 125-X	200 130-X	200 135-X	200 138-X	200 140-X	200 145-X
25	50	20	30	40	60	80	100
20 x 12		8 x 8					
34 tex E-Glas x 22 tex E-Glas <i>34 tex E glass x 22 tex E glass</i>		136 tex E-Glas x 68 tex E-Glas <i>136 tex E glass x 68 tex E glass</i>					
0,10		0,22					
Leinwand, Silanschlichte <i>Plain, silane size</i>		Leinwand, Silanschlichte <i>Plain warp, silane size</i>					

125 g/m² UD-Kohle /Unidirectional carbon			250 g/m² UD-Kohle /Unidirectional carbon		
Leichtes unidirektionales Band mit hoher Festigkeit und Steifigkeit in Längsrichtung (Ketttrichtung), z.B. für Holme, Gurtbänder, Sportgeräte. <i>Lightweight unidirectional tape with high longitudinal strength and rigidity (along the warp lines), e.g. for spars, belt webbing, sports equipment.</i>			Mittelschweres unidirektionales Band mit hoher Festigkeit und Steifigkeit in Längsrichtung (Ketttrichtung), z.B. für Holme, Gurtbänder, Sportgeräte. <i>Medium-heavy unidirectional tape with high longitudinal strength and rigidity (along the warp lines), e.g. for spars, belt webbing, sports equipment.</i>		

200 155-X	200 159-X	200 160-X	200 161-X
25	50	75	100
4,5 x 4,5	5,5 x 3		
200 tex Kohle HT 3K x 14 tex Polyester 2-fach <i>200 tex carbon HT 3K x 14 tex polyester double</i>	400 tex Kohle HT 6 K x 22 tex E-Glas 2-fach <i>400 tex carbon HT 6 K x 22 tex E glass double</i>		
0,20	0,30		
Leinwand kettverstärkt, Epoxydschlichte <i>Plain warp-reinforced, epoxy size</i>	Leinwand, kettverstärkt, Epoxydschlichte <i>Plain warp-reinforced, epoxy size</i>		

VERSTÄRKUNGSBÄNDER, KOHLE

REINFORCING TAPES, CARBON

130 g/m²
Kohle / Carbon



Anwendungsgebiet
Applications

Leichtes Gewebeband mit hoher Festigkeit und Steifigkeit für Verstärkungen aller Art.
Lightweight fabric tape with high strength and rigidity for all kinds of reinforcements.

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

200
170-X

Breite cm
Width cm

25

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853) Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft

7 x 7

Garntyp (DIN 60 850) Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 850) Warp x weft

1 K Kohle HT x 1 K Kohle HT
1 K carbon HT x 1 K carbon HT

Dicke mm, trocken
Thickness mm, dry

0,12

Bindung und Schlichte
Weave and size

Leinwand, Epoxydschlichte
Plain, epoxy size

204 g/m²
Kohle / Carbon



Anwendungsgebiet
Applications

Gewebeband mit hoher Festigkeit und Steifigkeit für Verstärkungen aller Art.
Fabric tape with high strength and rigidity for all kinds of reinforcements.

R&G Bestell-Nr.
R&G Order no.

200 **200** **200** **200** **200**
180-X **181-X** **182-X** **183-X** **184-X**

Breite cm
Width cm

20 35 43 50 60

Fadenzahl Fd/cm (DIN 53 853) Kette x Schuß
Number of ends per cm (DIN 53 853) Warp x weft

5 x 5

Garntyp (DIN 60 850) Kette x Schuß
Yarn type (DIN 60 850) Warp x weft

3 K Kohle HT x 3 K Kohle HT
3 K carbon HT x 3 K carbon HT

Dicke mm, trocken
Thickness mm, dry

0,3

Bindung und Schlichte
Weave and size

Köper, Epoxydschlichte
Twill, epoxy size

8.82

UD - GEWEBEBÄNDER

HARZVERBRAUCH, LAMINATDICKEN UND LAMINATGEWICHT



Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Jorden

UNIDIRECTIONAL FABRIC TAPES

RESIN CONSUMPTION, LAMINATE THICKNESS AND LAMINATE WEIGHT



Universität-GH Paderborn

Vorgaben:

$\rho_{\text{Faser}} = 1,78 \text{ g/cm}^3$ (spez. Fasergewicht)
 $\rho_{\text{Harz}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$ (spez. Gewicht der Harz/Härter-Mischung)

Specifications:

$\rho_{\text{fibre}} = 1,78 \text{ g/cm}^3$ (specific gravity of the fibres)
 $\rho_{\text{resin}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$ (specific gravity of the resin and hardener mixture)

Die Tabellen enthalten die theoretisch ermittelten Werte für Harzverbrauch, Laminatdicke und Laminatgewicht bei der Verarbeitung der von R&G lieferbaren Kohlegewebe.

Bei **ungepreßten Handlaminaten** kann ein **Faseranteil von 35 bis 40 %** erreicht werden. Je nach Fadenzahl und Garnfeinheit des Gewebes und Sorgfalt bei der Verarbeitung können diese Werte aber deutlich variieren.

Die C-Fasern dieser Bänder weisen durch die besondere Bindungsart nahezu **keine Ondulation (Welligkeit)** auf. Daher eignen sie sich in besonderer Weise für hochbelastete Längsverstärkungen wie z.B. **Holmgurte im Flugzeugbau**.

Für Laminatberechnungen liegen von der IDAFLIEG Werkstoffkennwerte vor, die sich bei gestreckten Bändern auf einen Faservolumenanteil von 54 % beziehen. Entscheidend für den zu dimensionierenden Querschnitt ist immer die Menge der in Verstärkungsrichtung angeordneten Fasern. Dieses kommt in der Berechnungsdicke zum Ausdruck, die um den Schußfadenanteil geringer ist als die tatsächliche Laminatstärke.

The tables present theoretical values for the resin consumption, laminate thickness, and laminate weight for the carbon fabrics available from R&G.

Uncompressed hand lay-up laminates can exhibit a fibre volume fraction of 35-40 %, yet this can vary widely depending on the number of ends, the fabric's yarn number, and the care taken in processing.

Owing to the special weave type, the carbon fibres used in these tapes exhibit virtually **no undulations (waviness)**, so they are especially ideal for highly loaded longitudinal reinforcements, e.g. **spar booms in aircraft construction**.

Laminate properties can be calculated on the basis of material characteristics obtained from IDAFLIEG, which in turn are based on a fibre volume fraction of 54 % for stretched tapes. The decisive factor in dimensioning the cross section is always the number of fibres oriented along the direction of the reinforcement. This finds expression in the calculated thickness, which is the proportion of wefts less than the actual laminate thickness. Unidirectional carbon fibre tape 125 g/m².

UD-Kohlefaserband 125 g/m² Unidirectional carbon fibre tape 125 g/m²

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch g/m ² Resin consumption g/m ²	169	134	108	88	72	62	48
Laminatdicke mm Laminate thickness mm	0,219	0,188	0,164	0,146	0,131	0,122	0,109
Berechnungsdicke mm Calculated thickness mm	0,196	0,168	0,147	0,131	0,118	0,109	0,098
Laminatgewicht g/m ² Laminate weight g/m ²	294	259	233	213	197	187	173

UD-Kohlefaserband 250 g/m² Unidirectional carbon fibre tape 250 g/m²

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %
Harzverbrauch g/m ² Resin consumption g/m ²	348	277	224	182	148	127	99
Laminatdicke mm Laminate thickness mm	0,452	0,387	0,339	0,301	0,271	0,251	0,226
Berechnungsdicke mm Calculated thickness mm	0,415	0,356	0,312	0,277	0,249	0,231	0,208
Laminatgewicht g/m ² Laminate weight g/m ²	598	527	474	432	399	377	349

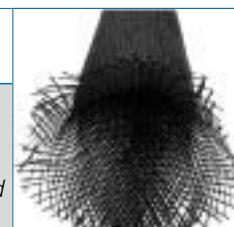
FLECHTSCHLÄUCHE

BRAIDED HOSES

		Kohleschlauch 18 mm <i>Carbon fibre hose 18 mm</i>		
Anwendungsgebiet <i>Applications</i>	Kohlefaser-Flechtschlauch für die Herstellung von Rohren <i>Braided carbon fibre hose for manufacturing pipes.</i>			
R&G Bestell-Nr. / <i>R&G Order no.</i>	202 100-X			
Konstruktion <i>Structure</i>	32 Fäden Toray 6 K, Bindung: 2-flechtig <i>32 threads Toray 6 K, Weave: double-braid</i>			
Flechtwinkel / <i>Braid angle</i>	30°	45°	60°	
Breite mm flach / <i>Width mm flat</i>	19,8	28,0	34,3	
Ø mm / <i>Diameter mm</i>	12,6	17,8	21,8	
Gewicht g/m / <i>Weight g/m</i>	13,2	18,1	25,6	
Gewicht g/m ² / <i>Weight g/m²</i>	312			
Ø mm von - bis / <i>Diameter mm min - max</i>	4 - 22			
Dicke mm / <i>Thickness mm</i>	0,35			



		Kohleschlauch 170 mm <i>Carbon fibre hose 170 mm</i>		
Anwendungsgebiet <i>Applications</i>	Kohlefaser-Flechtschlauch für Rohre, Masten und Anwendungen in der Orthopädietechnik <i>Braided carbon fibre hose for pipes, masts, and applications in orthopaedic surgery.</i>			
R&G Bestell-Nr. / <i>R&G Order no.</i>	202 110-X			
Konstruktion <i>Structure</i>	144 Fäden Toray 12 K, Bindung: 2-flechtig <i>144 threads Toray 12 K, Weave: double-braid</i>			
Flechtwinkel / <i>Braid angle</i>	30°	45°	60°	
Breite mm flach / <i>Width mm flat</i>	173,2	245,0	300,1	
Ø mm / <i>Diameter mm</i>	110,3	156	191	
Gewicht g/m / <i>Weight g/m</i>	133,0	162,9	230,4	
Gewicht g/m ² / <i>Weight g/m²</i>	338			
Ø mm von - bis / <i>Diameter mm min - max</i>	30 - 200			
Dicke mm / <i>Thickness mm</i>	0,43			



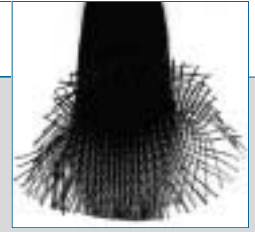
Kohleschlauch 35 mm
Carbon fibre hose 35 mm

Kohlefaser-Flechtschlauch für die Herstellung von Röhren
Braided carbon fibre hose for manufacturing pipes.



Kohleschlauch 60 mm
Carbon fibre hose 60 mm

Kohlefaser-Flechtschlauch für die Herstellung von Röhren
Braided carbon fibre hose for manufacturing pipes.



202 105-X

96 Fäden Toray 3 K, Bindung: 2-flechtig
96 threads Toray 3 K, Weave: double-braid

30°	45°	60°
38,2	54,0	66,1
24,3	34,4	42,1
22,2	27,2	38,4

247

12 - 40

0,39

202 106-X

144 Fäden Toray 6 K, Bindung: 2-flechtig
144 threads Toray 6 K, Weave: double-braid

30°	45°	60°
69,3	98,0	120,0
44,1	62,4	76,4
33,3	40,7	57,6

213

20 - 70

0,27

Kohlefaserflexschlauch
Elastic carbon fibre hose

Von 40 - 100 mm dehnbarer (elastischer) Kohlefaserschlauch. Fasern verlaufen unidirektional (in Längsrichtung), daher optimale Biegefestigkeit der Bauteile.
Elastic carbon fibre hose extensible from 40 to 100 mm. Unidirectional, longitudinal fibres, so optimal flexural strength for component material.



Material Kette: HT Kohlefaser 12 K, 64 Filamente = 8 Fäden/cm bei 40 mm Flachbreite. Schuß: 3 Fäden/cm Lycra schwarz zweifach
Material warp: HT carbon fibre 12K, 64 filaments = 8 ends/cm for 40 mm flat width; weft: 3 ends/cm lycra (black, double)

202 130-X

40 - 100 mm

bei 40 mm = ca. 680 g/m² / 40 mm = approx. 680 g/m²
bei 100 mm = ca. 270 g/m² / 100 mm = approx. 270 g/m²

ca. 0,7 / approx. 0,7



Anwendungsbeispiele für Kohlefaser-Flexschläuche
Some applications for flexible carbon fibre hose



LITZEN AUS GLAS UND KOHLEFASER

STRANDS OF GLASS / CARBON FIBRE

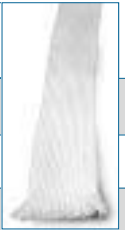
Anwendungsgebiet

Bei der Litze handelt es sich um ein Band, das in einem Faserwinkel von 30° geflochten wird. Dieser Winkel ist variabel, je nachdem ob das Band geschoben oder gezogen wird. Es lassen sich damit auf einfache Weise Torsionslagen herstellen, ohne -wie sonst erforderlich- Gewebe diagonal schneiden zu müssen.

Applications

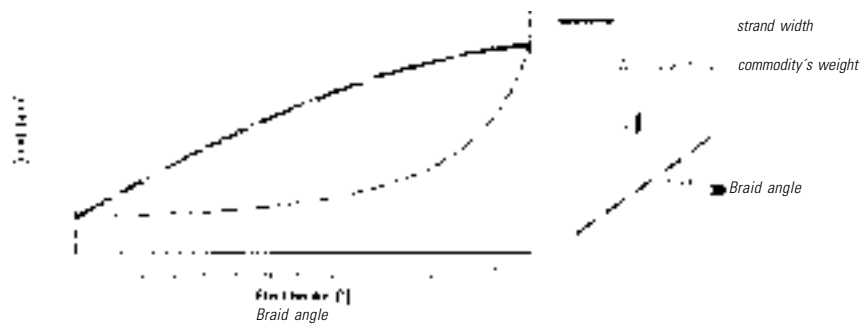
These strands are tapes that are braided at an angle of 30°. This angle changes when the tape is compressed or stretched, so the fabric no longer has to be cut diagonally for the manufacture of torsion plies.



Glas / Glass 25 mm	
R&G Bestell-Nr. / R&G Order no.	202 150-X
Breite mm / Width mm	25
Flechtwinkel / Braid angle	30°
Fadenzahl gesamt / Total no. of ends	65
Gewicht g/m / Weight g/m	10
Garntyp / Yarn type (DIN 60 850)	E-Glas 272 tex / E Glass 272 tex
Dicke mm trocken / Thickness mm dry	0,1
Bindung und Schlichte / Weave and size	2-flechtig Silan / 2-braided silane



Glaslitze 136 tex (25 mm)

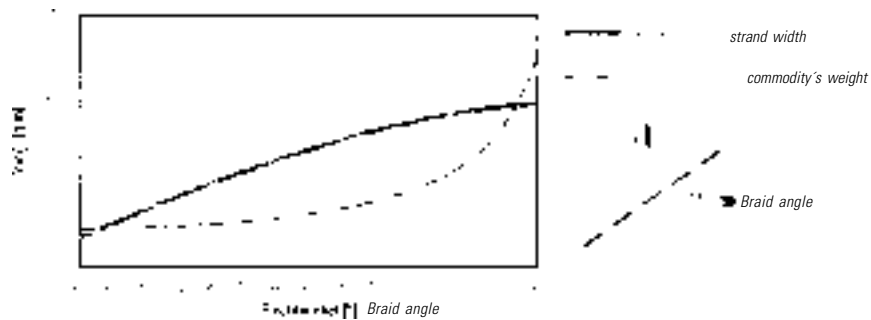
Glass strands 136 tex (25 mm)



Glas / Glass 40 mm		Kohle / Carbon 25 mm	
202 155-X		202 150-X	
40		25	
30°		30°	
65		65	
20,4		5	
E-Glas 272 tex / <i>E glass 272 tex</i>		HT-Kohle 1 K / <i>HT carbon 1 K</i>	
0,2		0,1	
2-flechtig Silan / <i>2-braided silane</i>		2-flechtig Epoxydschlichte / <i>2-braided epoxy size</i>	

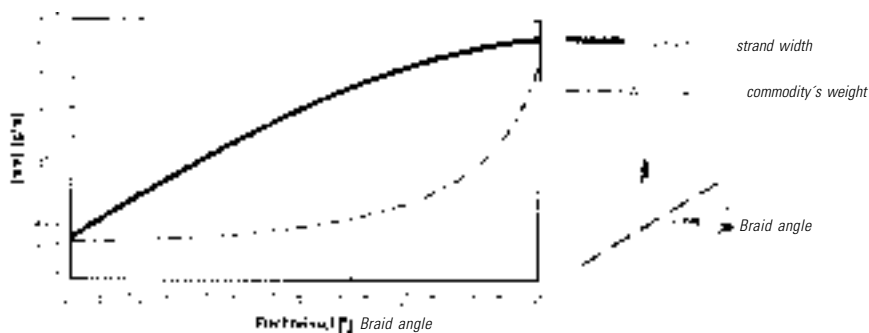
Glaslitze 272 tex (40 mm)

Glass strands 272 tex (40 mm)



Kohlelitze 1 K (25 mm)

Carbon strands 1 K (25 mm)



Die Verarbeitung mit Hilfe einfacher Tränkvorrichtungen

Rovings sind unidirektionale, endlose Faserstränge, die auf Spulen geliefert werden. Aus Rovings lassen sich Profile ziehen, Rohre und Behälter wickeln und Verstärkungen, z.B. zur Krafteinleitung laminieren.

Zum Wickeln und Strangziehen werden die **Rovingstränge** durch ein **Harzbad** gezogen. Kleinere Mengen lassen sich auch mittels Pinsel auf einer PE-Folie vortränken. Für größere Bauteile ist eine **Rovingtränkvorrichtung** erforderlich.

Die Qualität der Anlagen reicht von einfachsten Abzugvorrichtungen, die sich z.B. aus kleinen Kunststoffflaschen herstellen lassen bis zu aufwendigen, beheizbaren Tränkbädern.

Für eine hohe **Güte der Bauteile** sollte auf folgende Punkte geachtet werden:

- Gleichmäßige, harzarme Tränkung des Rovings
- Gestrecktes Einlegen, evtl. unter Vorspannung

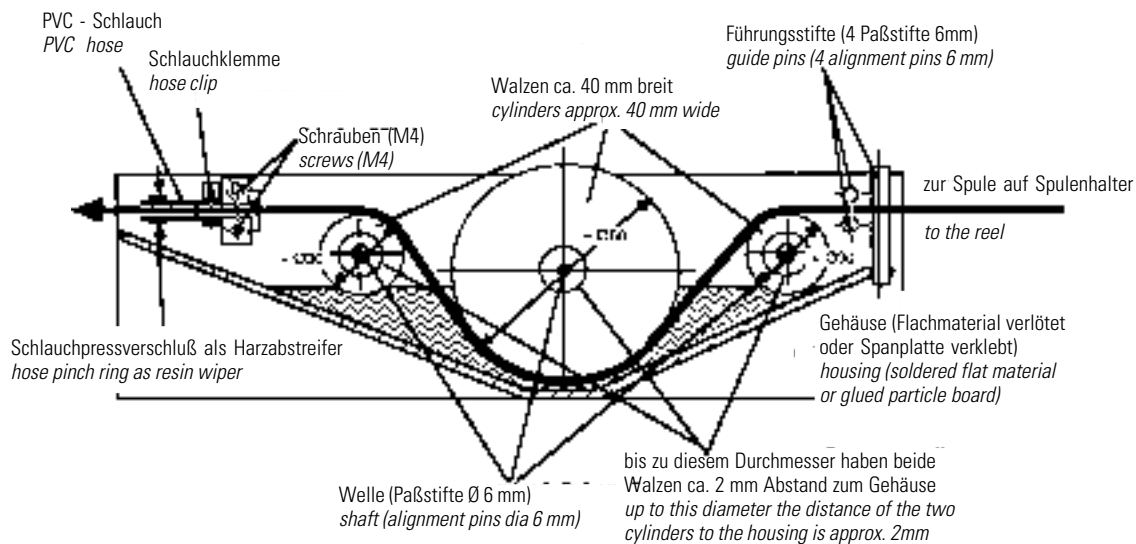
Processing with the aid of simple impregnating systems

Rovings are unidirectional, continuous fibres that are delivered on reels. Rovings are used to draw sections, wind pipes and receptacles, and laminate reinforcements, e.g. force transfer points.

When **rovings** are used for winding and pultrusion, they are first drawn through a **resin bath**. Smaller quantities can also be pre-impregnated with a brush on a PE film. Larger components require a **roving impregnating system**. The quality of these systems extends from the simplest dipping device that can be made, for example, from small plastic bottles, to complex, heated impregnating baths.

A high **quality** can be obtained for the **component** only when the following points are observed.

- The roving must be impregnated uniformly in a low resin content.
- The roving must be stretched during impregnation, if necessary under tension.



Dreiblatt Luftschaube, mit Kohlerovings verstärkt
Three-bladed propeller reinforced with carbon rovings

Vorbereitete Kohlerovings vor dem Tränken und Einlegen in die Form.



Prepared carbon rovings before impregnation and lay-up in the mould

Wickelautomat



Foto: Bakelite

Automatic winding machine

Tränken von Kohlerovings von Hand



Manual impregnation of carbon rovings

Einfache preiswerte Eigenkonstruktion einer Rovingtränkvorrichtung für den Flugzeugbau

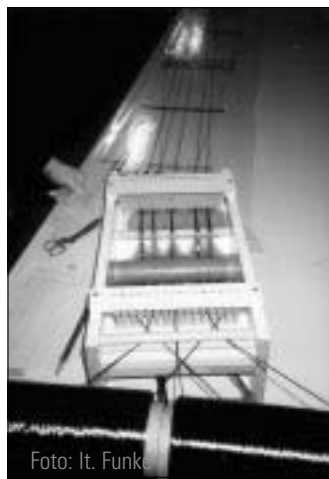


Foto: It. Funke

Simple, low-priced personal invention of a roving impregnating system for the construction of a light plane



GLASROVING 2400TEX

ENDLOSER FASERSTRANG AUS E-GLAS

Beschreibung

- Zum Handlaminieren, Wickeln und Strangziehen
- Schnelle, einfache Tränkung
- Für Epoxyd-, Polyester-, und Vinylesterharze

Packungsgrößen: 20 m, 100 m, 4166 m (= 10 kg)
Bestell-Nr. 205 110-X



GLASS ROVING 2400 TEX

ROVING OF E GLASS

Description

- For hand lay-ups, winding, and pultrusion
- Fast and good impregnation
- For epoxy, polyester, and vinyl ester resins

Packaging sizes 20 m, 100 m, 4166 m (= 10 kg)
Order no. 205 110-X

Daten

Specifications

Textilglasroving 2400 tex <i>Textile glass roving 2400 tex</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Dichte / <i>Density</i>	g/cm ³	2,54
Feinheit (ohne Präparation) / <i>Fineness (w/o preparation)</i>	tex	2400
Filamentdurchmesser / <i>Filament diameter</i>	µm	14
Feuchtgehalt / <i>Moisture content</i>	%	≤ 0,10
Schichtenmasseanteil / <i>Size by weight</i>	%	~0,50
Zugfestigkeit / <i>Tensile strength</i>	MPa	3952

Mechanische Laminateigenschaften <i>Laminate's mechanical properties</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert EP <i>EP Value</i>
Biegefestigkeit UD-Rundstab / <i>Flexural strength of unidirectional rod</i>	MPa	1300
Biege-E-Modul UD-Rundstab / <i>Flexural modulus of unidirectional rod</i>	MPa	37000
Druckfestigkeit / <i>Compressive strength</i>	MPa	850
Schlagzähigkeit / <i>Impact strength</i>	kJ/m ²	270

Kennwerte nach Dr.-Ing. Herbert Funke

Characteristics determined by Dr.-Ing. Herbert Funke

$\rho_{\text{Faser}} = 2,55 \text{ g/cm}^3$ Faserdichte

$\rho_{\text{fibre}} = 2,55 \text{ g/cm}^3$ fibre density

tex Zahl = 2.400 tex Fadengewicht in g/km

tex no. = 2.400 tex fibre weight in g/km

$\rho_{\text{Harz}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$ spez. Gewicht des Harzes

$\rho_{\text{resin}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$ specific weight of the resin

$A_{\text{Faden}} = 0,94 \text{ mm}^2$ Querschnitt der trockenen Faser

$A_{\text{fibre}} = 0,94 \text{ mm}^2$ diameter of dry fibre

$G_{\text{Faden}} = 2,40 \text{ g/m}$ Fadengewicht in g/m (trocken)

$G_{\text{fibre}} = 2,40 \text{ g/m}$ fibre weight in g/m (dry fibre)

Glasroving 2400 tex

Glass roving 2400 tex

Kennwerte der einzelnen getränkten Rovings
Characteristics of the single, impregnated rovings

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	Harzverbrauch g/m Resin consumption g/m	Laminatquerschnitt mm ² Laminate cross section mm ²	Laminatgewicht g/m Laminate weight g/m
30 %	2,53	3,14	4,93
35 %	2,01	2,69	4,41
40 %	1,62	2,35	4,02
45 %	1,32	2,09	3,72
50 %	1,08	1,88	3,48
54 %	0,92	1,74	3,32
60 %	0,72	1,57	3,12
65 %	0,58	1,45	2,98
70 %	0,46	1,34	2,86

Glasroving 2400 tex

Glass roving 2400 tex

Entsprechend gilt für den getränkten Faserstrang mit insgesamt **25** Rovings
The same applies to the impregnated bundle of **25** rovings in total

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	Harzverbrauch g/m Resin consumption g/m	Laminatquerschnitt mm ² Laminate cross section mm ²	Laminatgewicht g/m Laminate weight g/m
30 %	63,14	78,43	123,14
35 %	50,25	67,23	110,25
40 %	40,59	58,82	100,59
45 %	33,07	52,29	93,07
50 %	27,06	47,06	87,06
54 %	23,05	43,57	83,05
60 %	18,04	39,22	78,04
65 %	14,57	36,20	74,57
70 %	11,60	33,61	71,60



ARAMIDROVING 805TEX

ENDLOSER FASERSTRANG AUS ARAMID HM

Beschreibung

- Zum Handlaminieren, Wickeln und Strangziehen
- Schnelle, einfache Tränkung
- Für Epoxyd-, Polyester-, und Vinylesterharze

Packungsgrößen: 20 m, 100 m, 7080 m (= 5,7 kg)
Bestell-Nr. 205 120-X



ARAMID ROVING 805TEX

ROVING OF ARAMID HM

Description

- For hand lay-ups, winding, and pultrusion
- Fast and good impregnation
- For epoxy, polyester, and vinyl ester resins

Packaging sizes 20 m, 100 m, 7080 m (= 5,7 kg)
Order no. 205 120-X

Daten

Specifications

Aramidroving 805 tex <i>Aramid roving 805 tex</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Dichte / <i>Density</i>	g/cm ³	1,45
Feinheit / <i>Fineness</i>	tex	805
Filamentdurchmesser / <i>Filament diameter</i>	µm	12
Feuchtigkeitsaufnahme (20°C / 65 % rel. Luftfeuchtigkeit) <i>Moisture absorption (20°C / 65 % rel. humidity)</i>	%	3,5
Wärmeausdehnungskoeffizient / <i>Coefficient of thermal expansion</i>	10 ⁻⁶ K ⁻¹	-3,5
Zugfestigkeit / <i>Tensile strength</i>	MPa	2880
Zug-E-Modul / <i>Tensile modulus</i>	GPa	100
Bruchdehnung / <i>Elongation of break</i>	%	2,8

Kennwerte nach Dr.-Ing. Herbert Funke

Characteristics defined by Dr.-Ing. Herbert Funke

$\rho_{\text{Faser}} = 1,45 \text{ g/cm}^3$ Faserdichte

$\rho_{\text{fibre}} = 1,45 \text{ g/cm}^3$ fibre density

tex Zahl = 805 tex Fadengewicht in g/km

tex no. = 805 tex fibre weight in g/km

$\rho_{\text{Harz}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$ spez. Gewicht des Harzes

$\rho_{\text{resin}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$ specific weight of the resin

$A_{\text{Faden}} = 0,56 \text{ mm}^2$ Querschnitt der trockenen Faser

$A_{\text{fibre}} = 0,56 \text{ mm}^2$ width of dry fibre

$G_{\text{Faden}} = 0,81 \text{ g/m}$ Fadengewicht in g/m (trocken)

$G_{\text{fibre}} = 0,81 \text{ g/m}$ fibre weight in g/m (dry)

Aramidroving 805 tex

Aramid roving 805 tex

Kennwerte der einzelnen getränkten Rovings
Characteristics of the single, impregnated rovings

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	Harzverbrauch g/m Resin consumption g/m	Laminatquerschnitt mm ² Laminate diameter mm ²	Laminatgewicht g/m Laminate weight g/m
30 %	1,49	1,85	2,29
35 %	1,19	1,59	1,99
40 %	0,96	1,39	1,76
45 %	0,78	1,23	1,59
50 %	0,64	1,11	1,44
54 %	0,54	1,03	1,35
60 %	0,43	0,93	1,23
65 %	0,34	0,85	1,15
70 %	0,27	0,79	1,08

Aramidroving 805 tex

Aramid roving 805 tex

Entsprechend gilt für den getränkten Faserstrang mit insgesamt **25** Rovings
The same applies to the impregnated bundle of **25** rovings in total

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	Harzverbrauch g/m Resin consumption g/m	Laminatquerschnitt mm ² Laminate cross section mm ²	Laminatgewicht g/m Laminate weight g/m
30 %	37,24	46,26	57,37
35 %	29,64	39,66	49,77
40 %	23,94	34,70	44,07
45 %	19,51	30,84	39,63
50 %	15,96	27,76	36,09
54 %	13,60	25,70	33,72
60 %	10,64	23,13	30,77
65 %	8,59	21,35	28,72
70 %	6,84	19,83	26,97



KOHLEROVING HTS 1600 TEX

ENDLOSER FASERSTRANG AUS HOCHFESTER HT-KOHLE-FASER

Beschreibung

- Für Bauteile mit guter Steifigkeit und Festigkeit
- Zum Handlaminieren, Wickeln und Stranzziehen
- Schnelle, einfache Tränkung
- Für Epoxyd-, Polyester-, und Vinylesterharze

Tenax® HTS 800 ist eine klassische Hochleistungs-Kohlenstofffaser-Type. Seit Anfang 1980 hat sich die „High Tenacity“ (HT)-Faser ein breites Anwendungsspektrum in der Luftfahrt und der Freizeitindustrie erobert. Sie liefert exzellente und Ausgewogene mechanische Lamineigenschaften unter Zug- und Druckbeanspruchung. Die Tenax® HTA-Faser war eine der ersten Kohlenstofffasern, die in der zivilen Luftfahrt eingesetzt wurde. Typische Anwendungen waren z.B. im Airbus das Höhen- und Seitenleitwerk, Fußboden, Ruder, Klappen und Triebwerksabdeckungen. Die von R&G als Roving vertriebene HTS-Faser ist eine weiterentwickelte HT-Faservariante mit **verbesserten mechanischen Eigenschaften** bei gleich gutem Eigenschaftsprofil wie bei der klassischen HTA-Faser.

Packungsgrößen 20 m, 100 m, 1242 m (= 2 kg)
Bestell-Nr. 205 105-X

Daten

CARBON ROVING HTS 1600 TEX

ROVING OF HIGH TENSILE HT CARBON FIBRE

Description

- For components with good rigidity and strength
- For hand lay-ups, winding, and pultrusion
- Fast and good impregnation
- For epoxy, polyester, and vinyl ester resins



Tenax® HTS 800 is a classical high-performance carbon fibre type. Since the beginning of 1980 this high-tenacity (HT) fibre, yielding superior and reliable mechanical properties for laminates under tensile and compressive stresses, has been successfully employed by the aviation and leisure industries in a wide range of applications.

Tenax® HTA fibre was one of the first carbon fibres to find application in commercial aviation. Typical applications were, for example, in the airbus, for the elevator assembly, vertical tailplane, floor, rudders, flaps, and engine covers.

The HTS fibre R&G is marketing as roving is a variant development based on this HT fibre, with **enhanced mechanical properties** for the same range of properties as the classical HTA.

Packaging sizes 20 m, 100 m, 1242 m (= 2 kg)
Order no. 205 105-X

Specifications

Tenax-J HTA 1600 tex <i>Tenax-J HTA 1600 tex</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Dichte / <i>Density</i>	g/cm ³	1,77
Feinheit (ohne Präparation) / <i>Fineness (w/o preparation)</i>	tex	1600
Filamentdurchmesser / <i>Filament diameter</i>	µm	7
Anzahl Filamente / <i>No. of filaments</i>	---	24000
Präparationsmasseanteil / <i>% Preparation by weight</i>	%	~1,30
Zugfestigkeit / <i>Tensile strength</i>	MPa	4300
Zug-E-Modul / <i>Tensile modulus</i>	GPa	238
Bruchdehnung / <i>Elongation at break</i>	%	1,5
Kurzstabbiegefestigkeit (ILSF) / <i>Flexural strength of short test bar (ILSF)</i>	MPa	99

8



Gezogene Stäbe aus Kohlerovings

Drawn rods of carbon rovings

8.94

Kennwerte nach Dr.-Ing. Herbert Funke

Characteristics defined by Dr.-Ing. Herbert Funke

$\rho_{\text{Faser}} = 1,77 \text{ g/cm}^3$ Faserdichte

$\rho_{\text{fibre}} = 1,77 \text{ g/cm}^3$ fibre density

tex Zahl = 1.610 tex Fadengewicht in g/km

tex no. = 1.610tex fibre weight in g/km

$\rho_{\text{Harz}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$ spez. Gewicht des Harzes

$\rho_{\text{resin}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$ specific weight of the resin

$A_{\text{Faden}} = 0,90 \text{ mm}^2$ Querschnitt der trockenen Faser

$A_{\text{fibre}} = 0,90 \text{ mm}^2$ diameter of fibre (dry)

$G_{\text{Faden}} = 1,61 \text{ g/m}$ Fadengewicht in g/m (trocken)

$G_{\text{fibre}} = 1,61 \text{ g/m}$ fibre weight in g/m (dry)

Kohleroving HTS 1600 tex

Carbon roving HTS 1600 tex

Kennwerte der einzelnen getränkten Rovings
Characteristics of the single, impregnated rovings

Faservolumenanteil Fibre volumen fraction	Harzverbrauch g/m Resin consumption g/m	Laminatquerschnitt mm ² Laminate cross section mm ²	Laminatgewicht g/m Laminate weight g/m
30 %	2,43	3,01	4,04
35 %	1,93	2,58	3,54
40 %	1,56	2,26	3,17
45 %	1,27	2,01	2,88
50 %	1,04	1,81	2,65
54 %	0,89	1,67	2,50
60 %	0,69	1,51	2,30
65 %	?	?	?
70 %	?	?	?

Kohleroving HTS 1600 tex

Carbon roving HTS 1600 tex

Entsprechend gilt für den getränkten Faserstrang mit insgesamt **25** Rovings
The same applies to the impregnated bundle of **25** rovings in total

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	Harzverbrauch g/m Resin consumption g/m	Laminatquerschnitt mm ² Laminate cross section mm ²	Laminatgewicht g/m Laminate weight g/m
30 %	60,68	75,37	100,93
35 %	48,29	64,61	88,54
40 %	39,01	56,53	79,26
45 %	31,78	50,25	72,03
50 %	26,00	45,22	66,25
54 %	22,15	41,87	62,40
60 %	17,34	37,69	57,59
65 %	?	?	?
70 %	?	?	?

KOHLEROVING UMS 800 TEX

ENDLOSER FASERSTRANG AUS HOCHSTEIFER HT-KOHLFASER

Beschreibung

- Für Bauteile mit höchster Steifigkeit und Festigkeit
- Zum Handlaminieren, Wickeln und Strangziehen
- Schnelle, einfache Tränkung
- Für Epoxid-, Polyester-, und Vinylesterharze

Die Tenax®UMS („Ultra High Modulus“)-Faser ist für Anwendungen geeignet, wo eine **überlegene Steifigkeit** erforderlich ist. Vor allem Konstruktionen wie Satellitenstrukturen, Antennen, Wellen oder Walzen erfordern außergewöhnliche Eigenschaften hinsichtlich der Steifigkeit. Auch Sportgeräte wie z.B. Angelruten, Bootsmasten, UL-Flugzeuge und Flugmodelle können mit der UMS-Faser optimal auf höchste Steifigkeit bei sehr guter Zug- und Druckfestigkeit konstruiert werden. Die Bruchdehnung der Faser ist um etwa 27 % geringer als die der HTS-Faser.

Packungsgrößen 20 m, 100 m, 2600 m (= 2 kg)
Bestell-Nr. 205 106-X

Daten

Tenax® UMS 2526 - 800 tex <i>Tenax® UMS 2526 - 800 tex</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Dichte / <i>Density</i>	g/cm ³	1,78
Feinheit (ohne Präparation) / <i>Fineness (w/o preparation)</i>	tex	800
Filamentdurchmesser / <i>Filament diameter</i>	µm	4,8
Anzahl Filamente / <i>No. of filaments</i>	---	24000
Präparationsmasseanteil / <i>% Preparation by weight</i>	%	~1,30
Zugfestigkeit / <i>Tensile strength</i>	MPa	4560
Zug-E-Modul / <i>Tensile modulus</i>	GPa	395
Bruchdehnung / <i>Elongation at break</i>	%	1,1

CARBON ROVING UMS 800 TEX

ROVING OF HIGH TENSILE HT CARBON FIBRE

Description

- For components with good rigidity and strength
- For hand lay-ups, winding, and pultrusion
- Fast and good impregnation
- For epoxy, polyester, and vinyl ester resins



Tenax® UMS (ultra high modulus) fibre is suitable for applications requiring **outstanding rigidity**. These applications involve above all structures such as satellites, aerals, shafts, and rollers. UMS fibre is also optimal for max rigidity values and excellent tensile and compressive strengths for sports equipment such as fishing rods, boat masts, ultralight aircraft, and model aircraft. The elongation at break is about 27% less than that of HTS fibres.

Packaged quantities 20 m, 100 m, 2600 m (= 2 kg)
Order no. 205 106-X

Specifications

8



Gewickelte Rohre aus Kohlerovings

Wound tubes of carbon rovings

Kennwerte nach Dr.-Ing. Herbert Funke

Characteristics defined by Dr.-Ing. Herbert Funke

$\rho_{\text{Faser}} = 1,78 \text{ g/cm}^3$ Faserdichte

$\rho_{\text{fibre}} = 1,78 \text{ g/cm}^3$ fibre density

tex Zahl = 800 tex Fadengewicht in g/km

tex no. = 800 tex fibre weight in g/km

$\rho_{\text{Harz}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$ spez. Gewicht des Harzes

$\rho_{\text{resin}} = 1,15 \text{ g/cm}^3$ specific weight of the resin

$A_{\text{Faden}} = 0,44 \text{ mm}^2$ Querschnitt der trockenen Faser

$A_{\text{fibre}} = 0,44 \text{ mm}^2$ diameter of the dry fibre

$G_{\text{Faden}} = 0,80 \text{ g/m}$ Fadengewicht in g/m (trocken)

$G_{\text{fibre}} = 0,80 \text{ g/m}$ fibre weight in g/m (dry)

Kohleroving UMS 800 tex

Carbon roving UMS 800 tex

Kennwerte der einzelnen getränkten Rovings
Characteristics of the single, impregnated rovings

Faservolumenanteil Fibre volume fraction	Harzverbrauch g/m Resin consumption g/m	Laminatquerschnitt mm ² Laminate cross section mm ²	Laminatgewicht g/m Laminate weight g/m
30 %	1,19	1,48	1,99
35 %	0,95	1,27	1,75
40 %	0,77	1,11	1,57
45 %	0,62	0,99	1,42
50 %	0,51	0,89	1,31
54 %	0,44	0,82	1,24
60 %	0,34	0,74	1,14
65 %	0,28	0,68	1,08
70 %	0,22	0,63	1,02

Kohleroving UMS 800 tex

Carbon roving UMS 800 tex

Entsprechend gilt für den getränkten Faserstrang mit insgesamt **25** Rovings
The same applies to the impregnated bundle of **25** rovings in total

Faservolumenanteil Fibre fraction volume	Harzverbrauch g/m Resin consumption g/m	Laminatquerschnitt mm ² Laminate cross section mm ²	Laminatgewicht g/m Laminate weight g/m
30 %	29,81	37,04	49,81
35 %	23,73	31,75	43,73
40 %	19,17	27,78	39,17
45 %	15,62	24,69	35,62
50 %	12,78	22,22	32,78
54 %	10,88	20,58	30,88
60 %	8,52	18,52	28,52
65 %	6,88	17,09	26,88
70 %	5,48	15,87	25,48

FÜLLSTOFFARTEN UND ANWENDUNGEN

Füllstoffe sind Zusatzstoffe, die bestimmte Eigenschaften der Harze verändern, beispielsweise die Härte und Abriebfestigkeit, die chemischen, mechanischen, thermischen und elektrischen Werte. Die Vernetzung des Bindemittels (Harz) sollte durch die Zugabe von Füllstoffen nicht behindert werden. Es ist deshalb besonders darauf zu achten, daß die Zusätze keine Feuchtigkeit enthalten. Dies gilt vor allem für Naturprodukte wie Holzmehl oder Baumwollflocken. Füllstoffe unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung, Struktur und Dichte.

Zusammensetzung

Organische Füllstoffe sind z.B. die Naturfasern Baumwolle, Jute, Hanf und Sisal. Häufig verwendete anorganische Produkte sind Glasfasern, Glashohlkugeln (Glass-Bubbles) oder Metallpulver.

Die **Struktur der Füllstoffe** bestimmt neben den spezifischen Füllstofffestigkeiten die Eigenschaften der Formstoffe.

Faserförmige Füllstoffe

... sind z.B. Glasfaserschnitzel und Baumwollflocken.

Sie verbessern die Zug-, Druck- und Biegefestigkeit und das Bruchverhalten. Das Gewicht der gefüllten Harzmassen erhöht sich, die Fließfähigkeit wird verringert.

Pulverförmige Füllstoffe

... sind z.B. Quarzmehl, Talkum und Kreide.

Je nach Härte ergeben sie sehr abrieb- und verschleißfeste Harzmassen (Quarzmehl) oder aber leicht schleifbare Endprodukte (Talkum, Kreide).

Kugelförmige Füllstoffe

... wie Glass Bubbles erhöhen die Schlagzähigkeit und Druckfestigkeit, jedoch nicht die Zugfestigkeit.

Durch den Kugellagereffekt verbessern sie in geringen Zusatzmengen die Fließfähigkeit der Harze.

Thixotropiermittel

... werden zum Eindicken von Harzen benötigt. Es handelt sich um hochdisperse Kieselsäuren mit hoher spezifischer Oberfläche.

Praktisch alle Deckschichtharze (Gelcoats) auf Epoxyd- und Polyesterharzbasis enthalten Thixotropiermittel, um ein Abfließen an senkrechten und geneigten Flächen zu verhindern.

Farbpigmente

Auch Farben sind Füllstoffe. Das Einmischen ist sehr einfach, da im Regelfall fertige Pigmentpasten verfügbar sind.

Das qualitativ oft schlechtere Selbstanreiben trockener Pigmente entfällt.

Flammschutzmittel

Alle Füllstoffe beeinflussen das Brandverhalten mehr oder weniger. Als ausgesprochene Brandschutzausrüstung gelten Zusätze von Antimontrioxid, Aluminiumhydroxid und halogenierten Verbindungen.



Aufbringen gefüllter Harze mit Pinsel/Spritztüte

8.98

FILLER TYPES AND APPLICATIONS

Fillers are additives that modify certain properties of resins, for example the hardness and abrasion resistance or the chemical, mechanical, thermal, and electrical properties. The addition of fillers should not inhibit the cross-linking of the binder (resin). So it is especially important to make sure that the additives do not contain any moisture. This applies above all to natural products such as wood flour or cotton flock. Fillers differ according to their composition, structure, and density.

Composition

Organic fillers are, for example, the natural fibres cotton, jute, hemp, and sisal. Frequently used inorganic products are glass fibres, glass bubbles, and metal powder.

The filler's structure determines not only the specific strength of the filler, but the properties of the moulded materials.

Fibrous fillers

(chopped glass fibre strands, cotton flock, etc.)

These enhance the tensile, compressive, and flexural strengths as well as the fracture behaviour. The weight of filled resin compounds is increased, the flowability reduced.

Powdery fillers

(quartz powder, talc, chalk, etc.)

Depending on their hardness, these fillers yield resin compounds with high abrasion and wear resistance (quartz powder) or end products with good grinding properties (talc, chalk).

Spherical fillers

(glass bubbles, etc.)

These enhance the impact and compressive strength, but not the tensile strength. Owing to their ball-bearing effect they improve the flowability of resins when added in low quantities.

Thixotropy-enhancing agents

These are highly disperse silicic acids with a high specific surface area and are needed to inspissate resins. Virtually all overlay resins (gel coats) based on epoxy or polyester resins contain thixotropy-enhancing agents which prevent the compound from running off vertical and inclined surfaces.

Pigments

Also colouring agents are fillers. In general, pigment pastes are available as ready-made mixtures, so it's just a case of simply adding them to the resin compound. As a result, there is no longer any risk of the inferior quality often obtained with the manual application of dry pigments.

Flame retardants

All fillers more or less affect the burning behaviour. Exceptional flame retardants are given by additives of antimony trioxide, aluminium hydroxide, and halogenated compounds.



Filled resins being applied with brush and piping bag

Zugabemenge verschiedener Füllstoffe zum Harz

Quantities of various fillers added to resin

Füllstoff / Filler	Zugabemenge auf 100 g Harz/Härter-Gemisch (Epoxydharz L + Härter L) bis zu einer breiartigen Konsistenz. Quantity added to 100 g of resin / hardener mixture (epoxy resin L + hardener L) for a pulpy consistency.	
Glasfaserschnitzel / Chopped fibre glass strands	4,5 mm	65 g
Glasfaserschnitzel / Chopped fibre glass strands	6,0 mm	50 g
Glasfaser gemahlen / Milled glass fibres	0,2 mm	80 g
Baumwollflocken / Cotton flock		21 g
Thixotropiermittel / Thixotropy-enhancing agent		7 g
Glas-Bubbles / Glass bubbles		30 g
Quarzsand / Quartz sand (als dickflüssige Füllmasse für Hinterfütterungen im Formenbau) (as viscous filling compound for backup coats in mould construction)		400 g

Vergleich der Dichte typischer Harzfüllstoffe

Densities of typical resin fillers compared

Dichtevergleich	Einheit	Wert	Density comparison	Unit	Value
Glas-Bubbles	g/cm ³ /20 °C	0,21 / 0,12	Glass bubbles	g/cm ³ /20 °C	0,21 / 0,12
Talkum	g/cm ³ /20 °C	2,7	Talc	g/cm ³ /20 °C	2,7
Holzmehl	g/cm ³ /20 °C	1,2	Wood flour	g/cm ³ /20 °C	1,2
Glasfasern	g/cm ³ /20 °C	2,4	Glass fibres	g/cm ³ /20 °C	2,4
Baumwollflocken	g/cm ³ /20 °C	1,54	Cotton flock	g/cm ³ /20 °C	1,54
Alupulver	g/cm ³ /20 °C	2,7	Aluminium powder	g/cm ³ /20 °C	2,7

Anwendungen

Deckschichtharze (Gelcoats)

Thixotropiermittel und evtl. Farbpaste

Formenharze

Thixotropiermittel und Farbpaste, je nach gewünschter Härte und Wärmeleitfähigkeit Titandioxid, Quarzmehl, Stahl- und Alupulver.

Faserspachtel

Glasfasern mit Thixotropiermittel

Feinspachtel

Thixotropiermittel mit Kreide/Talkum

Leichtspachtel

Micro-Ballons und Thixotropiermittel

Metallspachtel

Thixotropiermittel mit Metallpulver, meist Aluminium

Kupplungsschichten im Formenbau

Glasfaserschnitzel mit Baumwollflocken (1:1)

Kleber

Thixotropiermittel, für dickere Klebefugen Baumwollflocken

Rieselfähige Preßmassen

Baumwollflocken

Wärmeleitfähige Gießmassen

Thixotropiermittel und Alu-Pulver

syntaktische Schäume

leichte, hohle Füllstoffe wie z.B. Microhohlkugeln (Glas-Bubbles)

Applications

Overlay resins (gel coats)

Thixotropy-enhancing agent and possibly colour paste

Mould resins

Thixotropy-enhancing agent and colour paste, for a specific hardness and thermal conductivity, titanium dioxide, quartz powder, steel or aluminium powder.

Fibre pastes

glass fibres with thixotropy-enhancing agent

Fine pastes

Thixotropy-enhancing agent with chalk or talc

Light pastes

Microbubbles and thixotropy-enhancing agent

Metal pastes

Thixotropy-enhancing agent with metal powder, mostly aluminium

Coupling layers in mould construction

Chopped glass fibre strands with cotton flock (1:1)

Adhesives

Thixotropy-enhancing agent, cotton flock for thicker glued bonds

Free-flowing moulding compounds

Cotton flock

Heat-conductive pouring compounds

Thixotropy-enhancing agent and aluminium powder

Syntactic foams

Lightweight, hollow fillers such as microbubbles (glass bubbles)

GLASFASERSCHNITZEL

GESCHNITTENE E-GLASFASER MIT SILANSCHLICHTE

Beschreibung

- **Schnelle, einfache Benetzung**
- **Für Epoxyd-, Polyester und Vinylesterharze**

Anwendungsgebiet

Faserspachtel und Preßmassen, Kunststoffputze, Kitte, Kleber, Korrosionsschutzanstriche, Asbestersatz. Kupplungsschichten im Formenbau, wobei Kanten aufgefüllt und hinterfüllt sowie Paßdübel und Verschraubungen eingebettet werden. Dazu wird meist eine Mischung aus 50 Vol.-% Glasschnitzel und 50 Vol.-% Baumwollflocken verwendet.

Verarbeitung

Zugabe in die verarbeitungsfertige Harz/Härter-Mischung. Die Zugabemenge ist beliebig. Je kürzer die Faser umso höher ist der Füllgrad. Längere Fasern ergeben höhere Festigkeiten (Zug, Druck, Biegung). Die Festigkeit der Füllmasse liegt unter der von Mattenlaminaten, da die Fasern in der Füllmasse regellos orientiert sind und nur bei harzarmen Preßmassen ein Fasergehalt über 30 Vol.-% erreicht wird.

Faserlängen

Glaskurzfasern 0,2 mm
Glasfaser geschnitten 3 mm und 6 mm.

Packungsgrößen 200 g bis 20/30 kg
Bestell-Nr. 210 100-X, 210 105-X, 210 110-X



Glasfaser gemahlen
Milled glass fibre



Glasfaserschnitzel 3 mm
Chopped glass fibre strands 3 mm



Glasfaserschnitzel 6 mm
Chopped glass fibre strands 6 mm



CHOPPED GLASS FIBRE STRANDS

CHOPPED E GLASS FIBRES WITH SILANE SIZE

Description

- **Fast, good wetting**
- **For epoxy, polyester, and vinyl ester resins**

Range of applications

Fibre pastes and moulding compounds, synthetic plasters, putties, adhesives, corrosion protection coats, asbestos substitutes. In the case of coupling layers to fill and back up edges and embed alignment dowels and screw unions in mould construction, a mixture of 50%vol. chopped glass fibre and 50%vol. cotton flock is mostly used.

Processing

Chopped glass fibre strands are added as soon as the resin-hardener compound is ready for processing. Any quantity can be added. The shorter the fibres, the higher the filling level. Longer fibres yield higher strengths (tensile, compressive, flexural). The strength of the filling compound is less than that of mat laminates. This is due on the one hand to the random orientation of the fibres in the filling compound. On the other hand, only moulding compounds with a low resin content can exhibit a fibre volume fraction greater than 30%.

Fibre lengths

Milled glass fibres 0,2 mm
Chopped glass fibres 3 mm and 6 mm.

Packaged quantities 200 g to 20/30 kg
Order nos. 210 100-X, 210 105-X, 210 110-X

Daten

Specifications

Glasfaserschnitzel <i>Chopped glass fibre</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Faserart / <i>Fibre type</i>	---	E-Glas / <i>E glass</i>
Farbe / <i>Colour</i>	---	weiß / <i>white</i>
Faserquerschnitt / <i>Fibre cross section</i>	---	rund / <i>circular</i>
Faser-Ø / <i>Fibre diameter</i>	µm	9 - 14
Dichte / <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	2,53 - 2,55
Trockenhitzebeständigkeit / <i>Fastness to dry heat</i>	°C	315
Erweichungstemperatur / <i>Softening temperature</i>	°C	840
Feuchtigkeit in Lieferform / <i>Moisture content as delivered</i>	%	max. 0,3 / <i>max. 0,3</i>
Lichtbeständigkeit / <i>Light resistance</i>	---	gut / <i>good</i>
Wetterbeständigkeit / <i>Weather resistance</i>	---	gut / <i>good</i>
Alterungsbeständigkeit / <i>Ageing resistance</i>	---	gut / <i>good</i>
Säurebeständigkeit / <i>Acid resistance</i>	---	gut / <i>good</i>
Laugenbeständigkeit / <i>Alkali resistance</i>	---	bedingt beständig / <i>limited</i>
Lösungsmittelbeständigkeit / <i>Solvent resistance</i>	---	gut / <i>good</i>
Quellwert im Wasser / <i>Water inhibition value</i>	%	0
Schlichte / <i>Size</i>	---	Silan / <i>silane</i>
Schlichtegehalt / <i>Size fraction</i>	%	0,5 - 1,5
Lagerung (trocken) / <i>Shelf life (dry)</i>	Monate / <i>Months</i>	min. 12 / <i>min 12</i>

KOHLEFASERSCHNITZEL

KURZFASERN FÜR KLEBER UND LEITFÄHIGE BESCHICHTUNGEN

Beschreibung

- Gemahlen (0,25 - 0,35 mm) und in 3 mm Länge lieferbar
- Schnelle, einfache Benetzung
- Für Epoxyd-, Polyester und Vinylesterharze

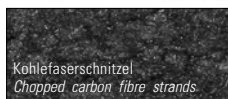
Anwendungsgebiet

Herstellung elektrostatisch leitfähiger Beschichtungen und Kleber, sowie für hochbelastete Preß- und Füllmassen.

Verarbeitung

Zugabe in die verarbeitungsfertige Harz/Härter-Mischung. Die Zugabemenge ist beliebig, größere Zugabemengen ergeben jedoch eine bessere elektrische Leitfähigkeit bzw. eine höhere Festigkeit.

Packungsgrößen 100 g, 1 kg, 5 kg, 10 kg, 20 kg
Bestell-Nr. 210 135-X (gemahlen)
Bestell-Nr. 210 137-X (3 mm)



Kohlefaserschnitzel
Chopped carbon fibre strands

CHOPPED CARBON FIBRE STRANDS

CHOPPED STRANDS FOR ADHESIVES AND CONDUCTIVE COATINGS

Description

- Available as milled (0,25 - 0,35 mm) and in 3 mm lengths
- Fast, good wetting
- For epoxy, polyester, and vinyl ester resins

Range of applications

For manufacturing conductive coats and adhesives as well as highly loaded moulding and filling compounds.

Processing

Chopped carbon fibre strands are added as soon as the resin-hardener compound is ready for processing. Any quantity can be added: the larger the quantity, the higher the conductivity and strength.

Packaging sizes 100 g, 1 kg, 5 kg, 10 kg, 20 kg
Order no. 210 135-X (milled)
Order no. 210 137-X (3 mm)

BAUMWOLLFLOCKEN

BIOLOGISCHER LEICHTFÜLLSTOFF

Beschreibung

- **Ergibt leichte, thixotrope Füllmassen**
- **Für Epoxyd-, Polyester und Vinylesterharze**

Anwendungsgebiet

Hauptsächlich zum Anmischen leichter, nicht ablaufender Harzmassen und Kleber, vor allem im Modellbau und in der Luftfahrt.

Es können rieselfähige Preßmassen hergestellt werden. Baumwollflocken sind für sich alleine oder in Abmischung mit Glasfaserschnitzeln einsetzbar. Speziell bei Kupplungsschichten und Auffüllungen im Formenbau binden die Fasern das Harz und verhindern das Aus- und Abfließen aus der Glasfasermischung. Reine Harz/Baumwollmischungen weisen eine erhöhte Schlagzähigkeit sowie verbesserte Zug-, Druck- und Biegefestigkeiten auf. Die Formstoffe sind schleifbar und aufgrund der niedrigen Faserdichte relativ leicht.

Verarbeitung

Zugabe in die verarbeitungsfertige Harz/Härter-Mischung. Die Zugabemenge ist beliebig.

Lagerung

Die Lieferung erfolgt in dichten Behältnissen. Auf eine trockene Lagerung ist zu achten, da Baumwolle bis zu 10 % Luftfeuchtigkeit aufnimmt. Feuchte Ware führt zu Fehlhärtungen im Harz; "nasse" Baumwollflocken sollten daher vor der Zugabe zum Harz mehrere Stunden im Ofen bei 50 °C getrocknet werden.

COTTON FLOCK

LIGHTWEIGHT ORGANIC FILLER

Description

- **Yields lightweight, thixotropic filling compounds**
- **For epoxy, polyester, and vinyl ester resins**

Range of applications

Primarily for preparing lightweight, non-drip resin compounds and adhesives, above all in model construction and aviation.

It can also be used to make free-flowing moulding compounds. Cotton flock can be used either in the pure form or as a mixture with chopped glass fibre strands. Specific applications are coupling layers and fillings in mould construction, whereby the fibres bind the resin, preventing it from running out of the glass fibre mixture. Mixtures of pure resin and cotton flock exhibit a higher impact strength and enhanced tensile, compressive, and flexural strengths. The moulded materials can be ground and are relatively light owing to the low fibre density.

Processing

Cotton flock is added as soon as the resin-hardener compound is ready for processing. Any quantity can be added.

Storage

Cotton flock is delivered in tight receptacles. Cotton can absorb up to 10% moisture from the surrounding air, so it is very important that the storage site is dry. A damp product inhibits curing in the resin. Wet cotton flock should therefore be dried for several hours in an oven at 50 °C before it is added to the resin.



Baumwollflocken

Cotton flock

Packungsgrößen 250 ml bis 30 kg
Bestell-Nr. 210 115-X

Packaging sizes 250 ml to 30 kg
Order no. 210 115-X

Daten
Specifications

Baumwollflocken Cotton flock	Einheit Unit	Wert Value
Faserart / <i>Fibre type</i>	---	Baumwolle / <i>Cotton</i>
Farbe / <i>Colour</i>	---	weiß / <i>white</i>
Faserquerschnitt / <i>Fibre cross section</i>	---	nierenförmig / <i>kidney-shaped</i>
Faserstärke Schmalseite / <i>Fibre thickness</i>	µm	3 - 12
Faserstärke Breitseite / <i>Fibre width</i>	µm	10 - 40
Faserlänge / <i>Fibre length</i>	mm	0,4
Schüttgewicht / <i>Apparent density</i>	g/Liter / <i>g/litre</i>	135
Dichte / <i>Density</i>	g/cm ³ /20°C	1,54
Trockenhitzebeständigkeit / <i>Fastness to dry heat</i>	°C	ca. 120 / <i>approx. 120</i>
Zersetzungstemperatur / <i>Degradation temperature</i>	°C	ca. 400 / <i>approx. 400</i>
Feuchtigkeit in Lieferform / <i>Moisture content as delivered</i>	%	max. 7 / <i>max 7</i>
Lichtbeständigkeit / <i>Light resistance</i>	---	vergilbt / <i>yellows</i>
Wetterbeständigkeit / <i>Wheater resistance</i>	---	mäßig / <i>moderate</i>
Alterungsbeständigkeit / <i>Ageing resistance</i>	---	gut / <i>good</i>
Säurebeständigkeit / <i>Acid resistance</i>	---	mäßig / <i>moderate</i>
Laugenbeständigkeit / <i>Alkali resistance</i>	---	gut / <i>good</i>
Quellwert im Wasser / <i>Water inhibition value</i>	%	45 - 50
Bruchdehnung / <i>Elongation at break</i>	%	6 - 10
Zugfestigkeit / <i>Tensile strength</i>	MPa	350 - 700
Lagerung (trocken) / <i>Shelf life (dry)</i>	Monate / <i>Months</i>	min. 12 / <i>min 12</i>



Hersteller / *Producer* : Jörg Golombek, Oberstenfeld

Großmodell (Maßstab 1:6) einer Hercules C-130 in CFK/Polystyrolschaum-Sandwichbauweise. Gewicht 19,8 kg, Rumpflänge 4,5 m, Spannweite 6,0 m.
Large-scale model (scale 1:6) of a C-130 Hercules as a CRP and polystyrene foam sandwich construction: weight 19.8 kg, body length 4.5 m, wingspan 6.0 m.

THIXOTROPIERMITTEL

ZUM GELARTIGEN EINDICKEN VON HARZEN

Beschreibung

- Ergibt nichtablaufende, gelartige Kleber und Deckschichten
- Für Epoxyd- und Polyesterharze

Anwendungsgebiet

Pyrogene Kieselsäure zum Thixotropieren (Eindicken) von Epoxyd- und Polyesterharzen.

Thixotropie ist die Eigenschaft eines Gels, sich bei Einwirkung von Scherkräften (Rühren, Schütteln) zu verflüssigen und danach wieder zu Gel zu erstarren.

Die Zugabe zum Harz verhindert ein Abfließen an geneigten Flächen.

R&G Thixotropiermittel besitzt einen hohen Grad chemischer Reinheit. Thixotropiermittel werden vor allem für die Herstellung von nichtablaufenden Deckschicht- und Klebeharzen, Spachteln und Füllmassen verwendet.

Verarbeitung

Thixotropiermittel bilden bei Zugabe von 0,5 - 5 Gewichts-% eine **stützende** dreidimensionale Netzwerkstruktur. Die Flüssigkeiten dicken im Zustand der Ruhe ein.

Erst beim Einwirken von Scherkräften wird der Ansatz wieder dünnflüssig. Das Netzwerk wird vorübergehend aufgebrochen. Nach kurzer Zeit im Ruhezustand baut sich die Thixotropie wieder auf.

R&G Thixotropiermittel lässt sich in Epoxyd- und Polyesterharzen von Hand oder mittels Dissolverscheibe (Rührer) dispergieren.

Ausführungen

Thixotropiermittel ist bei R&G in **zwei Ausführungen** lieferbar:

- als reine Kieselsäure (Thixotropiermittel)
- als Kieselsäure mit Zusatz von HD-Polyethylenfibril (Thixotropiermittel TM 100)

Thixotropiermittel TM 100 ist leichter einmischbar als als das Standard-Thixotropiermittel. Es eignet sich daher optimal für feinere Harzmischungen, die von Hand hergestellt werden.

Lagerung

Die Lieferung erfolgt in dichten Behältnissen.

Auf eine trockene Lagerung ist zu achten, da Thixotropiermittel Luftfeuchtigkeit aufnimmt. Feuchte Ware sollte im Ofen bei 50 °C mehrere Stunden getrocknet werden.

Packungsgrößen 250 ml bis 30 kg
Bestell-Nr. 210 120-X
Bestell-Nr. 210 122-X(TM 100)

THIXOTROPY-ENHANCING AGENT

FOR THE GEL-LIKE INSPISSATION OF RESINS

Description

- Yields non-drip, gel-like adhesives and overlays
- For epoxy and polyester resins

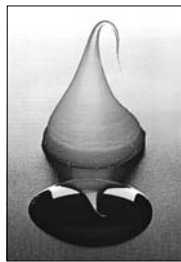
Range of applications

Pyrogenic silicic acid for inspissating, or enhancing the thixotropy of epoxy and polyester resins.

Thixotropy is the property of a gel to liquefy under the action of shear forces (mixing, shaking) and to solidify to gel again when these forces cease to act.

The addition of resin prevents the compound from running off inclined surfaces.

R&G thixotropy-enhancing agent exhibits a high degree of chemical purity. Thixotropy-enhancing agents are used primarily in the manufacture of non-drip overlay and adhesive resins, filler pastes, and filling compounds.



Processing

Added in a quantity of 0.5-5% vol., thixotropy-enhancing agents form a **support frame** of three-dimensional links. The liquids inspissate when at rest.

Not until shear forces start to act does the compound again become free-flowing. The links suffer a temporary break-up. After a short time at rest, thixotropy again sets in.

R&G thixotropy-enhancing agent can be dispersed in epoxy and polyester resins either by hand or with a dissolver disc (mixer).

Types

There are **two types** of thixotropy-enhancing agent available from R&G:

- pure silicic acid (Thixotropy-enhancing agent)
- silicic acid with HD polyethylene fibril additive (thixotropy-enhancing agent TM 100)

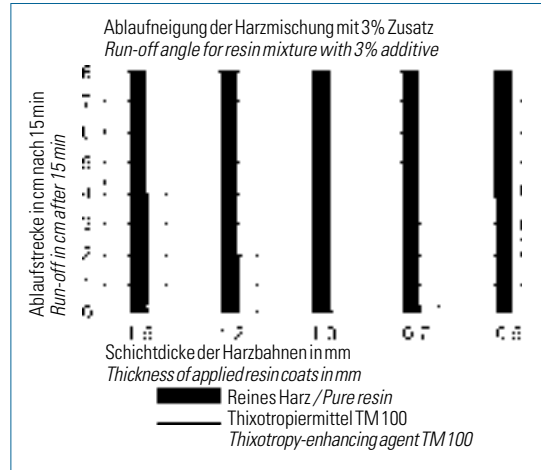
Thixotropy-enhancing agent TM 100 can be mixed more easily than the standard thixotropy-enhancing agent. So it is ideal for smaller resin mixtures that are prepared by hand.

Storage

Thixotropy-enhancing agents are delivered in tight receptacles.

Thixotropy-enhancing agents absorb moisture from the surrounding air, so it is very important that the storage site is dry. Damp products should be dried for several hours in an oven at 50 °C.

Packaging sizes 250 ml to 30 kg
Order no. 210 120-X
Order no. 210 122-X(TM 100)



Daten

Specifications

Thixotropiermittel <i>Thixotropy-enhancing agent</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Farbe / <i>Colour</i>	---	weiß / <i>white</i>
Oberfläche je Gramm / <i>Surface area per gram</i>	m ²	200 ± 25
Teilchengröße / <i>Particle size</i>	mm	0,012
ph (4 % wässr. Dispersion) / <i>ph (4 % aqueous dispersion)</i>	---	3,6 - 4,3
Schüttgewicht / <i>Apparent density</i>	g/Liter / <i>g/litre</i>	ca. 40 / <i>approx. 40</i>
Dichte / <i>Density</i>	g/cm ³ /20 °C	2,2 (1,55 TM 100)
Trockenhitzebeständigkeit / <i>Fastness to dry heat</i>	°C	(110 TM 100)
Schmelztemperatur / <i>Melting temperature</i>	°C	132
SiO ₂ -Gehalt / <i>SiO₂-content</i>	%	99,8
Lagerung (trocken) / <i>Shelf life (dry)</i>	Monate / <i>Months</i>	min. 12 / <i>min 12</i>



COBRA, ein unbemannter und ferngesteuerter fliegender Versuchsträger der Fachhochschule München

COBRA, a pilotless, remote-controlled flying laboratory developed by the FH München

GLASS - BUBBLES

LEICHTFÜLLSTOFF (GLASHOHLKUGELN)

Beschreibung

- Für extrem leichte Füll- und Spachtelmassen
- Für Epoxyd- und Polyesterharze

Sehr leichter Füllstoff aus luftgefüllten Borosilikaten (Glashohlkugeln).

Anwendungsgebiet

Glass-Bubbles werden vor allem zum Anmischen von Leichtspachteln, Klebstoffen und Preßmassen verwendet. Sie erhöhen die Schlagzähigkeit und Druckfestigkeit der Formmassen und vermindern die Schwindung aufgrund des geringeren Harzanteils.

Durch ihre Kugelform wirken Micro-Glashohlkugeln wie kleine Kugellager und verbessern dadurch das Fließverhalten von Epoxyd- und Polyesterharzen.

Verarbeitung

Zugabe in die verarbeitungsfertige Harz/Härter-Mischung. Die Zugabemenge ist beliebig.

Nicht ablaufende Mischungen werden durch einen hohen Füllgrad oder die zusätzliche Beigabe von Thixotropiermittel erreicht.

Ausführungen

Lieferbare Dichten: 0,12 und 0,21 g/cm³

Lagerung

Die Lieferung erfolgt in dichten Behältnissen. Um Kondenswasserbildung zu vermeiden, sollten die Behältnisse nach Gebrauch wieder sorgfältig verschlossen werden. Hohe Luftfeuchtigkeit und starke Temperaturschwankungen sollten vermieden werden. Feuchte Ware kann im Ofen bei 50 °C mehrere Stunden getrocknet werden.

Packungsgrößen 250 ml bis 20 kg
Bestell-Nr. 210 130-X, 210 125-X

Daten

Glass - Bubbles Glass bubbles	Einheit Unit	Dichte 0,21 Density 0,21	Dichte 0,12 Density 0,12
Material / Material	--	alkaliarmes Borosilikatglas/ low-alkali borosilicate glass	
Wasserlöslichkeit / Water solubility	--	unlöslich / insoluble	
Teilchengröße Ø / Particle size dia.	mm	0,065	
Farbe / Colour	--	weiß / white	
Druckfestigkeit / Compressive strength	17 bar Testdruck 17 bar Test pressure	---	min. 80 % unzerstörte Glashohlkugeln min. 80 % intact glass bubbles
	34 bar Testdruck 34 bar Test pressure	min. 80 % unzerstörte Glashohlkugeln min 80 % intact glass bubbles	
Lagerung (trocken) / Shelf life (dry)	Monate / Months	min. 12 / min 12	

8.106

GLASS BUBBLES

LIGHTWEIGHT FILLER

Description



- For ultra lightweight filling compounds and filler pastes
- For epoxy and polyester resins

Ultra lightweight filler of air-filled borosilicates (glass bubbles).

Range of applications

Glass bubbles are used primarily as additives in light pastes, adhesives, and moulding compounds. They enhance the impact and compressive strength of moulding compounds, and their low resin content

helps to reduce shrinkage.

Owing to their spherical shape, glass bubbles act like miniature ball bearings and so improve the flow characteristics of epoxy and polyester resins.

Processing

Glass bubbles are added as soon as the resin-hardener compound is ready for processing. Any quantity can be added.

Non-drip mixtures are obtained when the filling level is raised or a thixotropy-enhancing agent is also added.

Types

Available densities: 0,12 and 0,21 g/cm³

Storage

Glass bubbles are delivered in tight receptacles. Condensation water is prevented from forming when the receptacles are sealed tightly after use. High air humidity and abrupt temperature fluctuations should be avoided. Damp products can be dried for several hours in an oven at 50 °C.

Packaging sizes 250 ml to 20 kg
Order no. 210 130-X, 210 125-X

Specifications

ALUMINIUMGRIESS FEIN

ALUMINIUMFÜLLSTOFF

Beschreibung

- Für eine höhere Härte von Giess- und Formmassen
- Hohe Wärmeleitfähigkeit (z.B. für Tiefziehformen)
- Für Epoxyd- und Polyesterharze

Anwendungsgebiet

Feiner, pulveriger Aluminiumgrieß zum Anmischen von Gieß- und Formmassen auf Basis von Epoxyd- und Polyesterharz. Erhöht die Schlagzähigkeit und Druckfestigkeit der Formmassen und vermindert die Schwindung aufgrund des geringeren Harzanteils.



Verarbeitung

Zugabe in die verarbeitungsfertige Harz/Härter-Mischung. Die Zugabemenge ist beliebig.

Nicht ablaufende Mischungen werden durch einen hohen Füllgrad oder die zusätzliche Beigabe von Thixotropiermittel erreicht.

Lagerung

Trocken lagern und von starken Oxidationsmitteln (z.B. Peroxiden) fernhalten.

Packungsgrößen 500 g, 1000 g, 5 kg, 10 kg, 50 kg
Bestell-Nr. 210 160-X

Daten

Alu - Grieß Aluminium grit	Einheit Unit	Wert Value
Farbe / Colour	---	silberglänzend bis grau / silvery to grey
Korngröße / Particle size	µm	> 63
Dichte / Density	g/cm ³ /20 °C	2,70
Schüttdichte / Apparent density	g/cm ³ /20 °C	1,0
Schmelzpunkt / Melting point	°C	660
Lagerung (trocken) / Shelf life (dry)	Monate / Months	unbegrenzt / unlimited

ALUMINIUM GRIT FINE

ALUMINIUM FILLER

Description

- For enhancing the hardness of pouring and moulding compounds
- High thermal conductivity (e.g. for deep-drawing dies)
- For epoxy and polyester resins

Range of applications

Fine, powdery aluminium grit as an additive for pouring and moulding compounds based on epoxy and polyester resins. It enhances the impact and compressive strength of moulding compounds, and its low resin content helps to reduce shrinkage.

Processing

The aluminium grit is added as soon as the resin-hardener compound is ready for processing. Any quantity can be added.

Non-drip mixtures are obtained when the filling level is raised or a thixotropy-enhancing agent is also added.

Storage

Aluminium grit must be stored at a dry site and kept away from strong oxidising agents (e.g. peroxides).

Packaging sizes 500 g, 1000 g, 5 kg, 10 kg, 50 kg
Order no. 210 160-X

Specifications





S. 9.02	Höchstleistungen
S. 9.14	Waben im Modellbau
S. 9.18	Aramid-Wabe 29 kg/m ²
S. 9.21	Lantor Coremat®/XM
S. 9.24	Dimensionierung
S. 9.32	Kohlefaser-Rundstäbe
S. 9.34	Kohlefaserrohre
S. 9.36	Kohlefaserplatten
S. 9.38	Glasfaserplatten
S. 9.40	Formetal®
S. 9.42	Flexmetal®
S. 9.43	Auswahlhilfe

<i>S. 9.02</i>	<i>Heavy-duty applications</i>
<i>S. 9.14</i>	<i>Honeycombs in model construction</i>
<i>S. 9.18</i>	<i>Aramid-honeycomb 29 kg/m²</i>
<i>S. 9.21</i>	<i>Lantor Coremat® XM</i>
<i>S. 9.24</i>	<i>Dimensioning</i>
<i>S. 9.32</i>	<i>Carbon-fibre rods</i>
<i>S. 9.34</i>	<i>Carbon-fibre tubes</i>
<i>S. 9.36</i>	<i>Carbon-fibre sheets</i>
<i>S. 9.38</i>	<i>Glass-fibre sheets</i>
<i>S. 9.40</i>	<i>Formetal®</i>
<i>S. 9.42</i>	<i>Flexmetal®</i>
<i>S. 9.43</i>	<i>Selection chart</i>

HÖCHSTLEISTUNGEN

DURCH WABENSANDWICHBAUWEISE

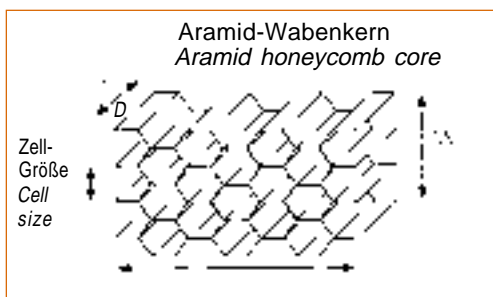


Dr.-Ing. Herbert Funke
Laboratorium für Konstruktionslehre
Leiter/Supervisor: Prof. Dr.-Ing. W. Jorden



Universität-GH Paderborn

Immer weiter steigende Anforderungen an technische Produkte erfordern den Einsatz neuer, leistungsfähigerer Werkstoffe. Überall dort, wo hohe Leistung, d.h. **hohe mechanische Festigkeit** und **Steifigkeit bei geringem Gewicht** gefordert wird, stößt man mit den traditionellen Werkstoffen häufig an unüberwindbare Leistungsgrenzen. Erst neue Werkstoffe, hier, insbesondere Faserverbundwerkstoffe erweitern Leistungshorizonte in vielen Anwendungsbereichen. So haben Faserverbundwerkstoffe in den letzten Jahren gerade in der Luft- und Raumfahrt, aber auch in manchen Bereichen des Spitzensportes einen triumphalen Siegeszug vollziehen können. Ob Space-Shuttle oder Rundfunksatellit, ob Formel 1-Rennwagen oder Abfahrtski, immer öfter sind Höchstleistungen ohne Faserverbundwerkstoffe kaum noch vorstellbar. Dabei müssen diese Werkstoffe nicht nur ein Privileg für Ausnahmefälle sein, denn auch viele scheinbar ganz alltägliche Anforderungen sind nur durch Höchstleistungen zu erfüllen. Ein Beispiel hierfür sind die steigenden Anforderungen, wenn es darum geht, die **Umwelt zu schonen** und Ressourcen zu sparen. Nahezu im gesamten Bereich des Transportwesens ist Gewichtsersparnis gleichzusetzen mit **Energieeinsparung**. Die konsequente Umsetzung des Leichtbaus kann hier die Umwelt gleich zweifach entlasten: Weniger Materialeinsatz in den Transportmitteln schont Ressourcen und senkt den Energieverbrauch während der gesamten Einsatzdauer. Die einfachste Art, Gewicht zu sparen ist, die **Wandstärke** von Bauteilen auf das Mindestmaß zu reduzieren, welches zur Kraftübertragung erforderlich ist. Gerade bei großflächigen Schalenstrukturen wie Karosseriebauteilen, Verkleidungen, Abdeckungen u.ä. ist ein sehr großes Einsparpotential vorhanden, da die ebenen Belastungen hier im allgemeinen gering sind. Um eine ausreichende **räumliche Steifigkeit** (Beulsteifigkeit) zu erhalten, werden solche Schalenelemente dennoch unter zumeist viel zu hohem Materialeinsatz mit wesentlich dickerer Wandstärke ausgeführt. Die Leichtbaulösung zu diesem Dimensionierungsproblem lautet schlicht und einfach: **Sandwichbauweise**. Das Prinzip einer **Sandwichbauweise** beruht darauf, daß zwischen zwei dünnen Decklagen ein **leichtes, druckfestes Kernmaterial** eingebracht wird. Dadurch kann bei geringem Materialeinsatz und minimalem Gewicht eine große Wandstärke realisiert werden.

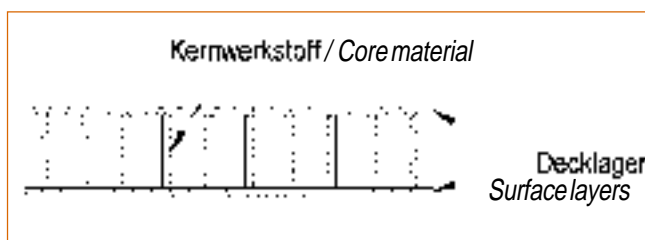


Ever increasing demands placed on engineering products can be fulfilled only by new, more efficient materials. Wherever the demand is for high efficiency, i.e. **high mechanical strength and rigidity coupled with low weight**, the traditional materials often come up against their maximum performance limits. Only the new materials, in particular fibre composites, have succeeded in expanding the performance limits in many fields of application. For example, fibre composites have made triumphant progress over the last few years not only in exclusive aerospace applications, but also in some areas

of top-level sports. Whether space shuttles or broadcasting satellites, Formula 1 racing cars or downhill racing skis - without fibre composites the maximum attainable performance will be virtually impossible in an increasing number of cases.

However, these materials do not have to be the privilege of exceptional applications - also apparently everyday requirements can be fulfilled only with maximum-performance materials. One example concerns the increasing demands placed on the **protection of the environment** and the economic utilisation of resources. In virtually all areas of transportation, savings in weight are equated with **savings in energy**. The consistent integration of lightweight structures affords a twofold contribution towards the protection of the environment: less use of material in means of transport minimises the consumption of both resources and energy over the whole service life.

The simplest method of saving weight is to reduce the **wall thickness** of components to the absolute minimum still able to transfer the applied forces. In particular, one extremely high savings potential is found in large-area shell structures such as body parts, panelling, covers, etc., whose surface loading is generally very low. Nevertheless, these shell elements must be designed with adequate **rigidity along all three axes** (dent resistance) - in most cases with too much material in considerably thicker walls. The solution offered by lightweight engineering to this design problem is simple: **sandwich constructions**. The principle of sandwich constructions involves a **lightweight, compression-resistant core material** placed, or sandwiched, between two thin surface layers. The result is a large wall thickness of little material and minimised weight.



Der leichte, druckfeste Kernwerkstoff hat die Aufgabe, die beiden dünnen Decklagen auf Abstand zu halten. Dadurch wird eine große effektive Wandstärke bei geringem Gewicht erreicht.

The lightweight, compression-resistant core material acts as a spacer between the two thin surface layers. The result is a large effective wall thickness of low weight.

Als Deckschichtmaterialien für eine solche Wabenbauweise sind besonders dünne GFK-Lamine geeignet. Je nach Anforderungsprofil können natürlich auch SFK- oder CFK-Lamine verwendet werden. Beim Kernwerkstoff werden die besten Ergebnisse mit **Aramid-Wabenkernen** erzielt. Sie sind anderen Stützstoffen wie Balsaholz und Schaumstoffen aufgrund des geringeren Gewichtes, der höheren mechanischen Festigkeit und der guten Verklebbarkeit deutlich **überlegen**. Außerdem sind Aramid-Wabenkerne mit unterschiedlichen Zellendurchmessern und in unterschiedlichen Raumgewichten erhältlich, so daß durch eine gezielte Auswahl ein maßgeschneiderter Kernwerkstoff für jede Anwendung bereitsteht. Lagermäßig ist von R&G der Wabenkern mit einem **Zellendurchmesser von 3,2 mm** lieferbar. Die besonderen Eigenschaften dieses Aramid-Wabenkernes sind:

- **Geringe Dichte** ab 29 g/dm³
- **Hohe Druckfestigkeit** von mindestens 0,54 N/mm²
- **Hohe Schubfestigkeit** von mindestens 0,56 N/mm² (L-Richtung)
- **Sehr gute Verklebbarkeit** mit faserverstärkten Kunststoffen
- **Hohe Drapierfähigkeit**

Aufgrund ihrer Bienenwabenstruktur werden diese Wabenkerne auch als **Honeycomb** bezeichnet. Grundstoff für die Herstellung ist **Nomex®-Papier**, in dem Aramidfasern mit Phenolharz gebunden sind. Aramid-Wabenkerne können besonders gut zur Versteifung großflächiger faserverstärkter Kunststoffbauteile eingesetzt werden. Wichtig ist hierbei insbesondere eine gute Verklebung mit den Decklaminen. Gerade wegen ihrer papierartigen Struktur des Grundstoffes lassen sich die Aramid-Wabenkerne besonders gut mit faserverstärkten Kunststoffen verkleben. Beim Verkleben mit dünnflüssigen Laminierharzen saugt der Wabenkern das Harz an, und es bildet sich eine **Kehlnahtverklebung** aus, die für eine sehr gute Verbindung zwischen Wabenkern und Decklaminat sorgt.

For these honeycomb designs, thin GRP laminates are a particularly suitable material for the surface layers. Of course, SRP or CRP laminates can also be used, depending on the requirements.

*In the case of the core material, the best results are obtained with **aramid honeycomb cores**. Their lower weight, greater mechanical strength, and good bonding properties render them clearly **superior** to other support materials such as balsa wood or foams. Moreover, aramid honeycomb cores are available in a range of cell diameters and densities, facilitating the design of the optimal sandwich construction for every application.*

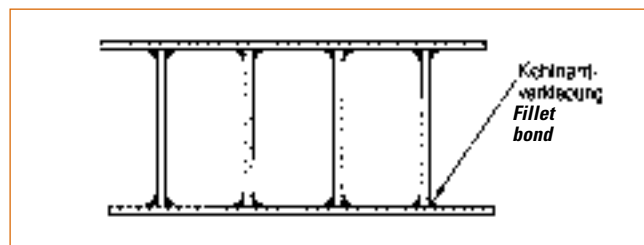
*R&G stocks a honeycomb core with a **cell diameter of 3.2 mm**. The particular properties of this aramid honeycomb core are:*

- **Low density** from 29 g/dm³
- **High compressive strength** from min 0.54 N/mm²
- **High shear strength** from min 0.56 N/mm² (longitudinal direction)
- **Very good bonding properties** with fibre-reinforced plastics
- **High drapability**

*Honeycomb cores get their name from the hexagonal structure of their cells. The parent substance for their manufacture is **Nomex® paper**, in which aramid fibres are embedded in phenolic resin.*

*Aramid honeycomb cores are ideal as stiffening materials on large-area fibre-reinforced plastic components. Particularly important here is a good bonding affinity to the surface laminates. It is especially the paper-like structure of the parent substance that promotes bonding between aramid honeycomb cores and fibre-reinforced plastics. Low-viscosity laminating resins penetrate the honeycomb core where they form a highly effective **fillet bond** between the honeycomb core and surface laminate.*

Erst durch Ausbildung einer Kehlnahtverklebung wird eine optimale Verbindung zwischen Wabenkern und Deckschicht erreicht.



Resin fillets effect the optimal bonding between the honeycomb core and the surface layer.

■ Welche Bauteile lassen sich in Wabensandwichbauweise herstellen?

Die Vorteile der Wabensandwichbauweise kommen besonders bei **großflächigen Bauteilen**, die eine räumliche Versteifung erfordern, zur Geltung. Große Schalenelemente können hierbei ganzflächig eine glatte Außenfläche aufweisen. Eine zusätzliche räumliche Versteifung durch Kanten und Sicken, wie bei GFK-Bauteilen sonst üblich, ist hier nicht erforderlich. Allerdings sollten Bauteile in Wabensandwichbauweise über möglichst große **Rundungs- und Wölbungsradien** verfügen, da das Verpressen des Wabenkernes in Ecken und Kanten recht schwierig ist.

■ What components can be manufactured as honeycomb sandwich structures?

The benefits of honeycomb sandwich construction are particularly effective on large-area components that must be stiffened along all three axes. These large shell elements can exhibit a smooth surface over the whole of their exposed side.

*Additional stiffening in the form of edges and beads, the usual practice with GRP components, is unnecessary here. Nevertheless, honeycomb sandwich components should exhibit the largest possible **positive and negative radii** so that the honeycomb core can be pressed into corners and edges without difficulty.*

Welche Materialkombinationen sind für welche Bauteile geeignet?

Für die Decklaminare sind unterschiedliche Materialkombinationen möglich, die mit dem entsprechenden Wabenkern abgestimmt werden sollten. Für jedes Bauteil ist deshalb eine individuelle Gewebeauswahl erforderlich, wenn man optimale Ergebnisse erzielen möchte. Zur Erleichterung dieser Auswahl dienen die folgenden Kriterien:

■ Bei **Hohlkörpern**, die keine glatten Innenflächen erfordern (z.B. Rumpfe, Tragflächen, Abdeckungen etc.), hat es sich als günstig erwiesen, das **innere Decklaminat** schwächer als das äußere Decklaminat auszuführen. Dies gilt insbesondere dann, wenn diese Innenflächen keiner Stoß- oder Kratzbeanspruchung ausgesetzt sind.

■ In den meisten Fällen sind **GFK-Decklaminare** völlig ausreichend. Eine höhere Beulsteifigkeit läßt sich einfacher und preiswerter durch die Wahl eines dickeren Wabenkerns als durch die höhere Steifigkeit eines **CFK-Decklaminates** erzielen.

■ Bei **extremen Anforderungen** an die **Steifigkeit** in Sandwichebene, an die Wechselfestigkeit bei schwingender Beanspruchung oder an die Dimensionsstabilität bei unterschiedlichen Temperaturen, werden mit **CFK-Deckschichten** die besten Resultate erzielt. Außerdem bietet CFK gegenüber den GFK-Deckschichten einen geringen Gewichtsvorteil.

■ Die **größte Gewichtseinsparung** wird mit Aramid-Deckschichten erreicht. Zudem hat Aramid eine sehr hohe Schlagzähigkeit, so daß mit Aramid-Deckschichten die ohnehin schon sehr hohe Energieaufnahme des Sandwiches im Crashfall nochmals deutlich gesteigert werden kann. Zu berücksichtigen sind hier jedoch die Delaminationsgefahr bei Aramidlaminaten sowie die Schwierigkeiten, die bei der Verarbeitung von Aramid auftreten können.

Wie dick sollten Decklaminare und Wabenkern sein?

Die Decklaminare müssen alle Belastungen in Ebenenrichtung aufnehmen können. Diese Belastungen sind bei Schalenbauteilen im allgemeinen gering, so daß häufig nur **sehr dünne Decklaminare** erforderlich sind. Damit sich bei sehr dünnen Decklaminaten die Wabenstruktur nicht auf der Außenseite abzeichnet, ist hier jedoch eine Laminatmindeststärke erforderlich. Erfahrungsgemäß sollte das Verhältnis von Laminatstärke zu Wabenzelldurchmesser von 1/30 nicht deutlich unterschritten werden.

Das bedeutet:

Bei dem Standardwabenkern mit einem Zelldurchmesser von 3,2 mm ist eine Laminatstärke für das äußere Decklaminat von mindestens **0,1 mm** erforderlich. Diese wird beispielsweise mit zwei Lagen 49 g/m² oder mit einer Lage 105 g/m² Glasgewebe erreicht. Diese Laminare haben sich bei kleineren Bauteilen wie Modellflugzeugrümpfen und Tragflächen bestens bewährt. Für das innere Decklaminat reichte in diesen Fällen sogar ein einlagiges Laminat aus 49 g/m² Glasgewebe aus.

Als Faustregel gilt: Je flacher eine Form ist, desto einfacher lassen sich darin Wabensandwichbauteile herstellen.



A general rule of thumb is the flatter the component, the easier its manufacture from honeycomb structures

Which material combinations are suitable for which components?

For the surface laminates, there are various material combinations possible that should be matched to the respective honeycomb core. Consequently, every component requires a specific fabric if the optimal results are to be obtained. The following criteria simplify the correct choice of fabric.

■ *If **hollow bodies** do not require a smooth inner surface (e.g. hulls, wings, covers, etc.), an economical procedure applies a thinner **inner surface laminate** than the outer surface laminate. This is particularly beneficial when the inner surfaces are not subjected to impacts or scratches.*

■ *In most cases, **GRP surface layers** are completely adequate. Greater dent resistance can be obtained more easily and more economically with a thicker honeycomb core than with the higher rigidity of a **CRP surface laminate**.*

■ *If **extreme demands** are placed on the **rigidity** in the sandwich plane, on the cycling strength under dynamic loading, or on the dimensional stability at varying temperatures, the best results are obtained with **CRP surface layers**. In addition, CRP has the advantage of a lower weight than GRP surface layers.*

■ *The **largest savings in weight** are obtained with aramid surface layers. In addition, aramid exhibits a very high impact strength, which it imparts to the sandwich structure, enhancing even further its energy absorption properties in collision situations. The drawbacks to be considered here, though, are aramid's tendency to delaminate and the potential difficulties involved when aramid is processed.*

How thick should the surface laminates and honeycomb core be?

*The surface laminates must be able to absorb all the loads applied parallel to their surfaces. In the case of shell structures, these loads are generally low, so that in most cases only **very thin surface layers** are sufficient. The honeycomb structure, however, can show through very thin surface laminates, so these laminates must have a certain minimum thickness. Experience has shown that the ratio of laminate thickness to honeycomb cell diameter should not be less than 1:30.*

Or:

*The standard honeycomb core with a cell diameter of 3.2 mm requires a minimum outer surface laminate thickness of **0.1 mm**.*

This is obtained, for example, with two layers of 49 g/m² or with one layer of 105 g/m² glass fabric. These laminates have proved highly successful in smaller components such as model fuselages and wings. In these cases, only a single laminate of 49 g/m² glass fabric is sufficient for the inner surface.

Mit einer Wabenkernstärke von 2 mm sind selbst Rumpfe von größeren Flugmodellen noch um ein Vielfaches druck- und beulsteifer gegenüber jeder anderen Bauweise. Die nachstehende Tabelle zeigt einige Beispiele für die Werkstoffauswahl bei Wabensandwichbauteilen. Die Angaben sind als grobe Anhaltswerte für die Dimensionierung von Decklaminaten und Wabenkernen zu verstehen. Ausgangsbasis sei hier immer ein Wabenkern mit einem Zelldurchmesser von 3,2 mm.

Wie können Kräfteinleitungen gestaltet werden?

Besondere Aufmerksamkeit ist bei der Gestaltung von **Kräfteinleitungen** erforderlich. Belastungen müssen auf direktem Wege in die Decklaminaten eingeleitet werden. Dabei sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Kräfte sollten möglichst als **Schubbelastung in Ebenenrichtung** in das Sandwich eingeleitet werden. Im Bereich der Kräfteinleitung wird der Wabenkern mit einem Harz-Microballons-Gemisch aufgefüllt. Je nach Höhe der Belastung werden die Decklaminaten ggf. lokal mit zusätzlichen Gewebelagen verstärkt.
- Zur Einleitung von **Momenten** oder **Kräften** senkrecht zur Sandwichebene ist in den meisten Fällen eine geeignete Anordnung von Spanten, Rippen oder ähnlichen Einbauten erforderlich. Bei Stoßbelastungen mit unterschiedlichen Belastungsrichtungen hat es sich zudem als günstig erwiesen, das Wabensandwich im Bereich der Kräfteinleitung durch ein verstärktes Vollaminat zu ersetzen. Durch die bessere Verformbarkeit ist hier eine höhere Energieaufnahme des Vollaminates möglich.

When the honeycomb core is 2 mm thick, even the fuselages of larger model aircraft exhibit a far greater compression and dent resistance than those constructed with other methods. The following table gives a number of examples of the correct choice of materials for honeycomb sandwich components. The listed values are intended as approximate values for the dimensioning of surface laminates and honeycomb cores. All values are based on a honeycomb core with a cell diameter of 3.2 mm.

How can the transfer of forces be designed?

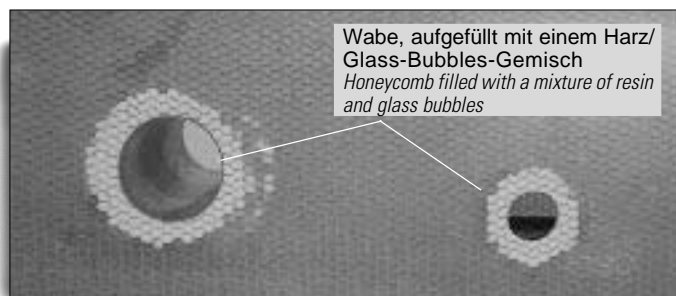
*Special attention must be paid to how the **structure transfers forces**. If all loads are to be transferred directly into the surface laminates, the following points must be noted.*

- *Forces should be transferred as far as possible as **shear forces parallel to the sandwich plane**. Near the force transfer point the honeycomb core is filled with a mixture of resin and microbubbles. Depending on the intensity of loading, additional fabric layers may have to be applied to stiffen the surface laminates or the force transfer points.*
- *The transfer of **bending moments** or **forces** perpendicular to the sandwich plane requires in most cases a suitable arrangement of frames, ribs, or similar structures. In addition, should the honeycomb sandwich be subjected to impacts from varying directions, it has proved practical to replace the honeycomb structure at the force transfer point with a reinforced solid laminate. Owing to the better deformability at this point, the solid laminate exhibits a far higher energy absorption capacity.*



Das F3A-X Kunstflugmodell ist komplett in Wabensandwichbauweise aufgebaut. Mit Deckschichten aus 49 g/m²-Glasgewebe und einem 2 mm Wabenkern wird eine hohe Steifigkeit bei geringstem Gewicht erzielt.

The F3A-X aerobatic model is built completely of honeycomb sandwich structures. The surface layers of 49 g/m² glass fabric and a 2 mm honeycomb core yield high rigidity with the minimum weight.



Kräfteinleitung als ebene Schubbelastung bei der Tragflügelsteckung eines Modellflugzeugrumpfes

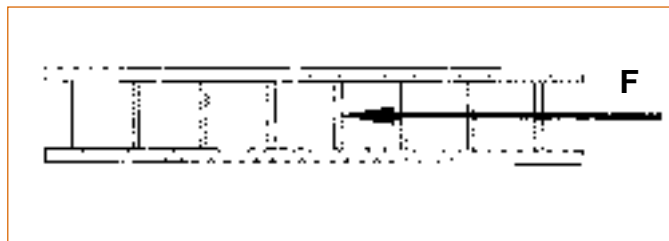
Forces are transferred as shear loads across the two wing connectors on a model fuselage

STÜTZSTOFFE SANDWICH MATERIALS

Fläche einer Halbschale <i>Surface area of a semi-monocoque</i>	Bauteil-Beispiel <i>Example component</i>	Art der Anforderung <i>Requirements</i>	Äußeres Decklaminat <i>Outer surface laminate</i>	Wabenkernstärke <i>Honeycomb core thickness</i>	Inneres Decklaminat <i>Inner surface laminate</i>	ca. Sandwichgewicht* <i>approx. sandwich weight*</i>
< 0,4 m ²	Modellflugzeugrumpf <i>model fuselage</i>	geringe Belastung <i>low loading</i>	2x 49 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i>	2 mm	1 x 49 g/m ² Glasgewebe <i>glass fabric</i>	350 g/m ²
< 0,8 m ²	sehr großer Modellflugzeugrumpf <i>very large model fuselage</i>	mäßige Belastung <i>moderate loading</i>	1 x 105 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i> 1 x 49 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i>	2 mm	1 x 49 g/m ² Glasgewebe <i>glass fabric</i>	440 g/m ²
< 1,5 m ²	Motorhaube eines UL-Flugzeugs <i>engine cowling for an ultralight aircraft</i>	hohe Schlagfestigkeit <i>high impact strength</i>	2 x 105 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i> 1 x 80 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i>	2 mm	1 x 80 g/m ² Glasgewebe <i>glass fabric</i>	870 g/m ²
< 1,5 m ²	sehr großer Modelltragflügel <i>very large model wing</i>	hohe Beulsteifigkeit <i>high dent strength</i>	1 x 105 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i> 1 x 49 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i>	5 mm	1 x 80 g/m ² Glasgewebe <i>glass fabric</i>	580 g/m ²
< 4,0 m ²	nicht tragende Abdeckhaube <i>non-bearing cowl</i>	mäßige Beanspruchung <i>moderate loading</i>	2 x 105 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i> 1 x 80 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i>	5 mm	1 x 80 g/m ² Glasgewebe <i>glass fabric</i>	1000 g/m ²
< 4,0 m ²	Tragflügel eines UL-Flugzeugs <i>wing of an ultralight aircraft</i>	hohe Beul- und Zugfestigkeit <i>high dent resistance and tensile strength</i>	2 x 93 g/m ² Kohlegewebe/ <i>carbon fabric</i> 1 x 49 g/m ² Glasgewebe/ <i>glass fabric</i>	8 mm	1 x 80 g/m ² Glasgewebe <i>glass fabric</i>	900 g/m ²

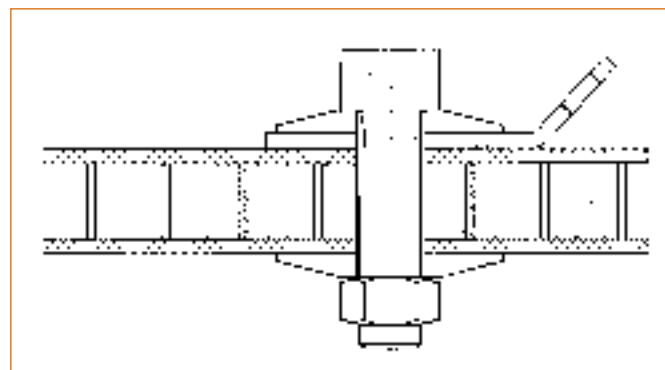
* errechnetes Gewicht eines entsprechenden Sandwiches bei einem Decklagen-Faservolumengehalt von 40 % sowie 2 x 30 g/m² Klebeharz zum Verkleben des Wabenkerns.

* *theoretical sandwich weight based on a 40% fibre volume content of the surface layer and 2 x 30 g/m² adhesive resin for bonding to the honeycomb core.*



Günstig ist die Krafteinleitung als Schubbelastung in Ebenenrichtung

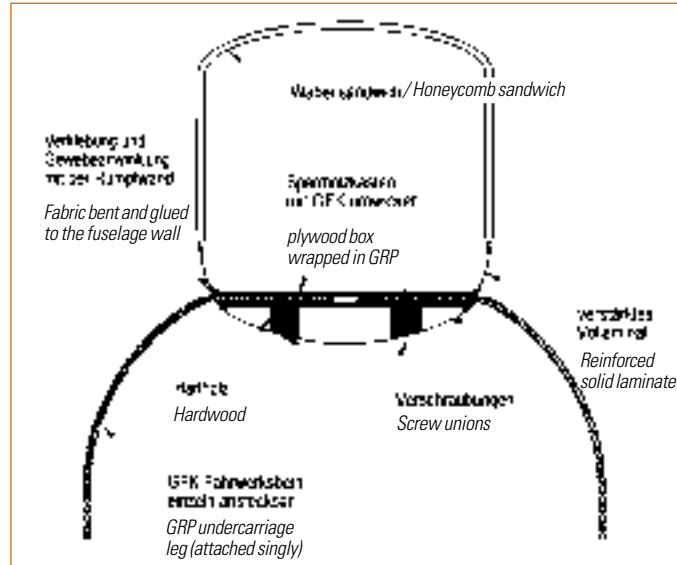
A good design transfers forces as shear loads parallel to the sandwich plane



Bei Verschraubungen sorgen Unterlegscheiben für eine großflächige Krafteinleitung.

Washers beneath the screw unions present a large area for the transfer of forces

9.06



Fahrwerkseinbau bei einem Modellflugzeugrumpf in Wabensandwichbauweise. Das Fahrwerk ist einfach abnehmbar, die Kräfteinleitung ermöglicht eine hohe Energieaufnahme bei geringem Gewicht.

Landing gear and model fuselage as a honeycomb sandwich design. The landing gear can be easily removed, the force transfer points enhance the energy absorption with minimised weight.



Besondere Sorgfalt erfordert das Verkleben des inneren Decklaminates, das auf einer Folie vorgetränkt wurde.

Special care must be taken in bonding the inner surface laminate, which has been pre-impregnated on a film



Zum Verpressen im Vakuumsack können kleinere Formen komplett „eingetütet“ werden.

Smaller moulds can be placed completely in the vacuum bag for pressure moulding.

Wie wird ein Wabensandwich hergestellt?

Wabensandwichbauteile werden, wie andere faserverstärkte Bauteile auch, zumeist in entsprechenden Negativformen hergestellt. Dabei wird zunächst das äußere Decklaminat wie bei Vollaminatbauteilen, nur in wesentlich geringerer Wandstärke laminiert. Bei sehr dünnen Deckschichten muß das äußere Decklaminat vollständig aushärten, bevor der Wabenkern verklebt werden kann, damit sich die Wabenstruktur später nicht auf der Bauteilaußenseite abzeichnet. Die Verklebung erfolgt mit sehr dünnflüssigem Laminierharz, das zuvor mit der Moltoprenwalze auf das **angeschliffene** Laminat gerollt wurde. Eine gute Verbindung kann dabei nur erzielt werden, wenn der Harzauftrag sehr gleichmäßig erfolgt. Nicht die Menge, sondern die Gleichmäßigkeit des Harzauftrags stellt sicher, daß hier keine Fehlstellen entstehen. Solange das Harz aushärtet, muß der Wabenkern fest auf das Decklaminat gepreßt werden. Dieses geschieht in den meisten Fällen im **Vakuumverfahren** (ein Verpressen mit Gegenformen ist eher selten, bei bestimmter Bauteilgeometrie aber durchaus auch möglich.) Nach dem Aushärten wird der Wabenkern an Kräfteeinleitungsstellen bzw. späteren Bauteildurchbrüchen lokal mit einem Microballons-Harzmischung gefüllt. Wo erforderlich, ist ein mechanisches Nacharbeiten des Wabenkernes mit Fräsern oder grobem Schleifpapier möglich. Das innere Decklaminat wird, bevor es nun ebenfalls im Vakuum mit dem Wabenkern verklebt wird, auf einer Folie vorgetränkt. Dadurch wird verhindert, daß die Wabenhohlräume mit Harz volllaufen. Halbschalenelemente werden unter Nutzung der offengelegten Wabenhohlräume, die sich beim Beschneiden der Kanten ergeben, verklebt. Damit steht als Klebefläche die gesamte Wabenkernstärke zur Verfügung. Bei der Verklebung mit angedicktem Harz erübrigt sich dadurch zumindest bei nicht sicherheits-relevanten Bauteilen eine zusätzliche Verstärkung.

Wie funktioniert das Verpressen im Vakuum ?

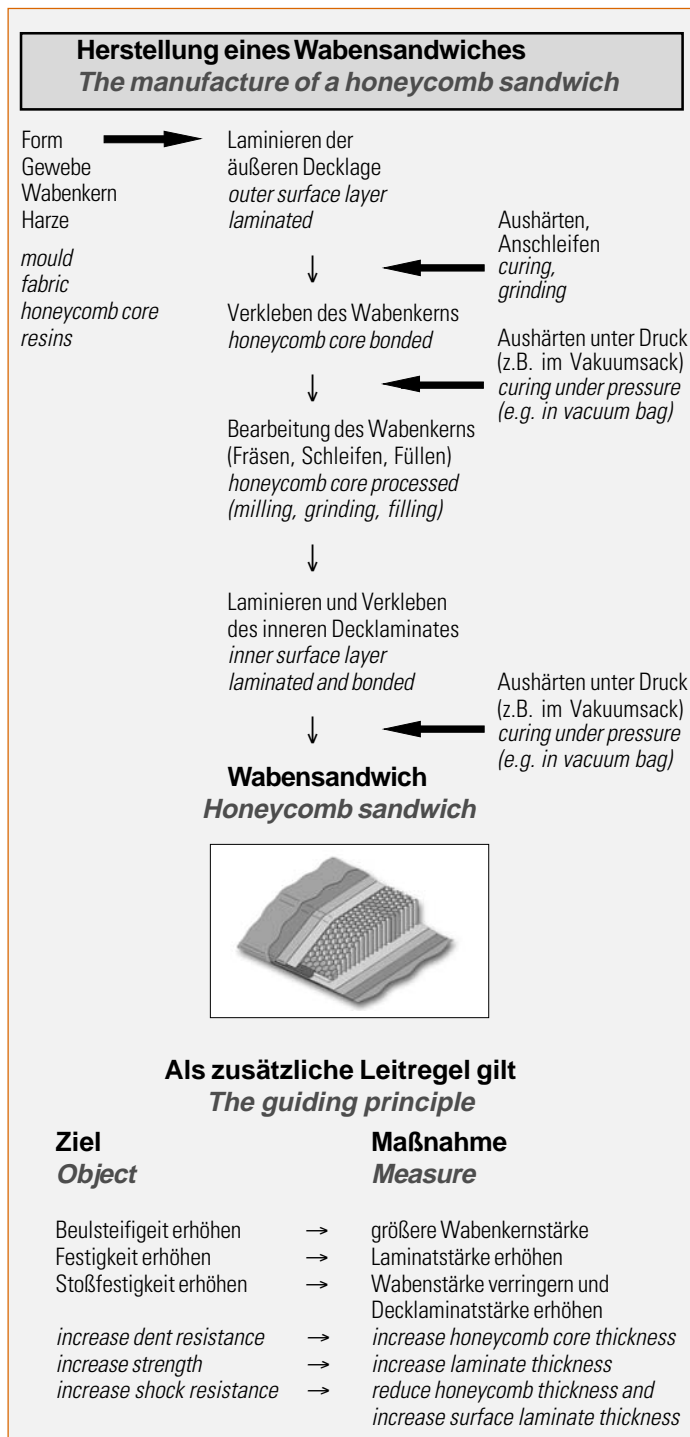
Beim Vakuumverpressen wird die Form in eine luftdichte „Tüte“ verpackt, aus der anschließend die Luft abgesaugt und mit einer Vakuumpumpe ein möglichst hoher Unterdruck erzeugt wird. Dabei werden dann alle Teile in dieser „Tüte“ vom Umgebungsdruck zusammengepreßt. Der von der Vakuumpumpe erzeugte Unterdruck sollte dabei möglichst hoch sein, damit ein maximaler Anpreßdruck zwischen Decklaminat und Wabenkern erzeugt wird. So wird bei einem Unterdruck von 0,9 bar ein Anpreßdruck von 0,9 N/mm² erzeugt. Das entspricht einer **Gewichtskraft von 9 Tonnen** pro Quadratmeter!

How is a honeycomb sandwich manufactured?

Like other fibre-reinforced components as well, honeycomb sandwich components are mostly manufactured in the corresponding female moulds. This process first involves laying up the outer surface laminate, just like solid laminate components, but with an essentially smaller wall thickness. If the surface layers are very thin, there is a risk that the underlying honeycomb structure can show through, so the outer surface laminate must first cure completely before the honeycomb core can be bonded. The core is bonded to the laminates with a laminating resin of very low viscosity that a Moltopren® roller has applied beforehand to the **surface-ground** laminate. A good bond can be obtained only when the resin has been applied with good uniformity. It is not the quantity, but the uniformity of the applied resin that ensures that no voids can arise. For as long as the resin takes to cure completely, the honeycomb core must be pressed firmly to the surface laminate. In most cases, the method adopted is **vacuum moulding** (the use of a countermould is rare, but certain component geometries may require this). Once the resin has cured, the force transfer points and any openings for subsequent components on the honeycomb core are filled with a mixture of microbubbles and resin. If necessary, the honeycomb core can be dressed mechanically with a milling cutter or coarse abrasive paper. Before it is also bonded in vacuum to the honeycomb core, the inner surface laminate is first pre-impregnated on a film. This measure prevents the honeycomb's cavities from filling with resin. Semi-monocoque elements are bonded along the cavities exposed by the honeycomb when its edges are cut. In other words, the whole thickness of the honeycomb core presents itself as a surface for bonding. So bonding with inspissated resin no longer necessitates additional reinforcements, at least for non-safety components.

How does vacuum press moulding work?

Vacuum press moulding involves placing the mould in an airtight bag out of which the air is evacuated with a pump for the purpose of generating as hard a vacuum as possible. In the process, the ambient pressure acts on all the parts in the bag. The vacuum generated by the pump should be as hard as possible - the harder the vacuum, the greater the contact pressure between the surface laminate and the honeycomb core. A vacuum of -0.9 bar induces a contact pressure of 0.9 N/mm², equivalent to a **weight of nine tons per square metre!**



Was ist zum Verpressen im Vakuum erforderlich?

Der Aufbau einer Vakuumeinrichtung ist denkbar einfach: Foliensäcke können aus PE-Folie hergestellt werden, die zusammengefaltet und ringsherum mit Acryl-Dichtmasse aus der Kartusche abgedichtet wird. Für kleine Formen eignet sich auch besonders gut der R&G-Folienschlauch (550 mm Breite).

Der Anschluß des Luftschlauches erfolgt mit einem Vakuumschluß. Zur Kontrolle des Unterdruckes ist ein Manometer erforderlich. R&G bietet drei unterschiedliche Vakuumpumpen an. Die preiswerte **Vakuumpumpe P1** ist besonders für kleine Formen geeignet. Sie erzeugt ein Vakuum von 75 % und hat zudem einen sehr geringen Stromverbrauch. Die Pumpenförderleistung ist allerdings gering, so daß bei größerem abzusaugendem Luftvolumen zunächst mit einem Staubsauger abgesaugt werden sollte.

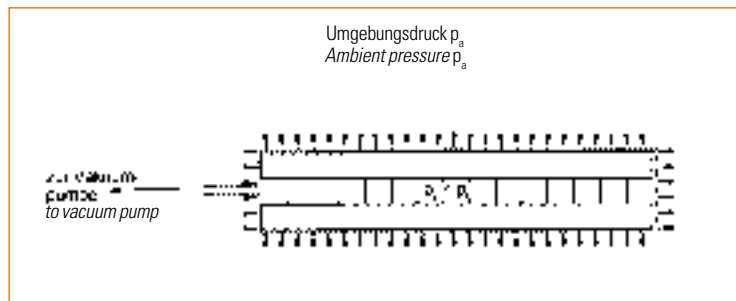
Die **Vakuumpumpen P2 und P3** sind für den professionellen Einsatz geeignet. Sie haben ein großes Fördervolumen und erreichen ein Endvakuum von > 900 mbar.

What is needed for vacuum press moulding?

The layout of a vacuum device couldn't be easier: Vacuum bags can be made of PE film folded together and sealed around the edges with an acrylic sealing compound from a cartridge. R&G film hose (550 mm wide) is also highly suitable for small moulds.

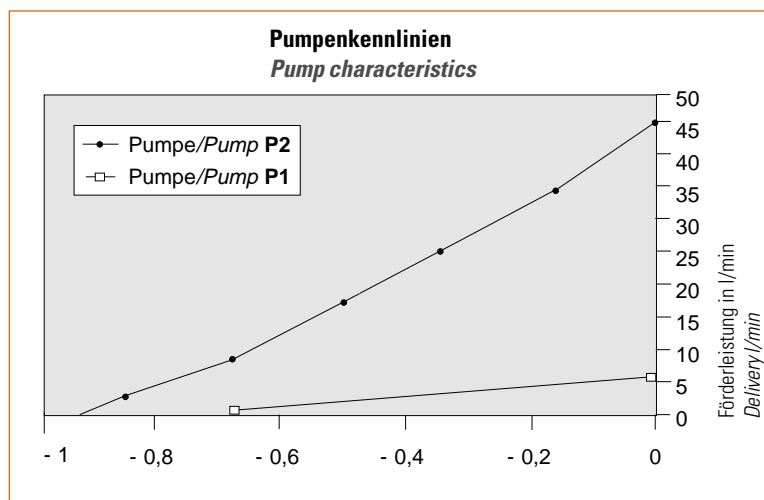
*The air hose is attached to a vacuum connection. A pressure gauge is required to monitor the vacuum. R&G provides three different vacuum pumps. The low-priced **vacuum pump P1** is particularly suitable for small moulds. This model generates a 75% vacuum and in addition has a very low power consumption. The pump delivery, however, is low so that larger quantities of air should first be evacuated with a vacuum cleaner.*

*The **vacuum pumps P2 and P3** are suitable for professional applications. They have a large delivery and can generate a final vacuum of > 900 mbar.*



Beim Verpressen im Vakuumsackverfahren wird der Umgebungsdruck ausgenutzt.

The vacuum bag moulding method utilises the ambient pressure



Was kann man tun, um die Delaminationsgefahr zu verringern?

Die vorabbeschriebene Vorgehensweise reicht in aller Regel aus, um eine ausreichend feste Verbindung zwischen Decklaminat und Wabenkern zu erreichen. Bei sicherheitsrelevanten Bauteilen, wie z.B. Flugzeugbauteilen im manntragenden Flugzeugbau sollten jedoch Maßnahmen getroffen werden, die die Qualität der Verklebung steigern und die Delaminationsgefahr verringern. Dabei gilt es insbesondere, die Klebefestigkeit zwischen dem äußeren Decklaminat und dem Wabenkern zu erhöhen, da hier am ehesten durch äußere

Gewalteinwirkung (Schlag-, Stoßbeanspruchung) Vorschädigungen eintreten, die im Extremfall zu weiterer Delamination führen können. Für größere Bauteile eines UL-Flugzeuges hat sich folgende Vorgehensweise bewährt: Bei etwas dickerem äußerem **Decklaminat ab 0,2 mm** ist es nicht mehr unbedingt erforderlich, dieses vor dem Verkleben des Wabenkernes vollständig aushärten zu lassen. Nach dem Anhängen, gerade wenn die Kanten geschnitten werden können, wird direkt weitergearbeitet. Auf das angehärtete Laminat wird ein **80 g/m² Glasgewebe** aufgelegt. Das trockene Gewebe haftet nur leicht an, so daß Falten zunächst gut mit der Hand ausgestrichen werden können. Das **80 g/m² Glasgewebe** ist ein sehr offenes Gewebe, das daher beim anschließenden Tränken mit dünnflüssigem Laminierharz eine erhöhte Harzaufnahme aufweist. In dieses Laminat wird die Wabe gepreßt. Damit kann der Wabenkern in das ca. 0,1 mm starke Glaslaminat einsinken. Das **80 g/m² Glasgewebe** hat hier die Funktion einer Kupplungsschicht. Durch die erhöhte Harzaufnahme stellt es zudem genügend Harz für eine sichere Verklebung zur Verfügung.

Hinweis: Eine besondere Schwierigkeit beim Verkleben des Wabenkernes ist es, bei größeren Bauteilen einen gleichmäßigen Klebeharzauftrag zu gewährleisten. Stellen, an denen nicht genügend Harz aufgetragen wurden, führen zu Fehlverklebungen. Hier hat es sich in der Praxis als besonders hilfreich erwiesen, wenn das äußere Decklaminat eine Kontrastfarbe zum trockenen weißen Glasgewebe aufweist. Bei Kohlefasergewebe (schwarz) bzw. Aramidgewebe (gelb) im äußeren Decklaminat ist dieses automatisch gegeben.

Bei Glasgewebelaminaten mit weißer Deckschicht kann hinter die Deckschicht eine Kontrastfarbe gespritzt werden. Während das trocken aufgelegte Glasgewebe zunächst weißlich schimmert, läßt sich der Tränkungsgrad am Durchscheinen der Kontrastfarbe sehr deutlich erkennen. Fehlverklebungen aufgrund mangelnden Harzauftrages können damit nahezu ausgeschlossen werden.



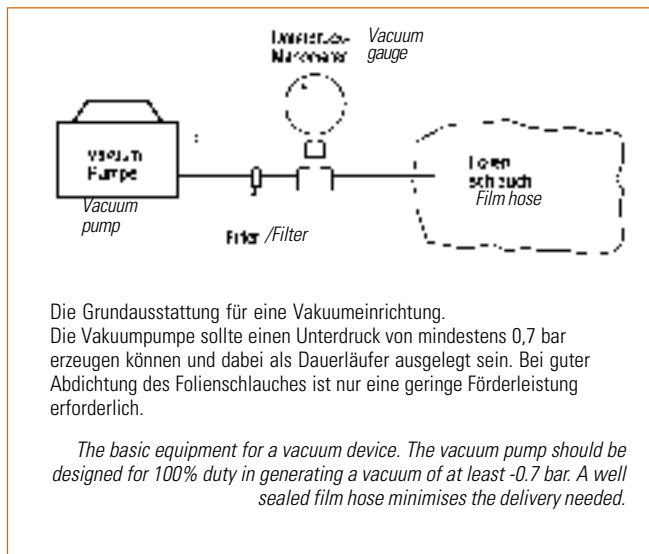
Das trockene Glasgewebe schimmert weißlich. Mit Laminierharz getränkt scheint die Kontrastfarbe durch. Auf diese Weise läßt sich der Tränkungsgrad der Kupplungsschicht sehr sicher kontrollieren. Fehlverklebungen aufgrund mangelnden Harzauftrages werden dadurch nahezu ausgeschlossen.

What can be done to minimise the risk of delamination?

As a rule, the procedure described above is sufficient for an adequately firm bond between the surface laminate and the honeycomb core. In the case of safety-relevant components, however, e.g. components for manned aircraft construction, measures should be taken to enhance the quality of the bond and to minimise the risk of delamination. Enhancing measures apply above all to the bond strength between the outer surface laminate and the honeycomb core. It is here that externally applied forces (impacts, shock) can cause incipient damage which in extreme cases may aggravate delamination. The following procedure has proved successful with larger components for an ultralight aircraft. A slightly thicker exterior **surface laminate of min 0.2 mm** no longer needs to cure completely before it is bonded to the honeycomb core. Instead, work can resume directly after preliminary curing, just when the edges can be cut. An **80 g/m² glass fabric** is laid over the laminate which has undergone preliminary curing. The dry fabric adheres only slightly so that any creases can be smoothed out by hand at the outset. The **80 g/m² glass fabric** is very porous and so exhibits an increased absorption capacity when it is afterwards impregnated with low-viscosity laminating resin. The honeycomb is pressed into this

laminat, whereby it can sink into the glass laminate of approx. 0.1 mm thickness. The **80 g/m² glass fabric** here undertakes the function of a coupling layer. In addition, its enhanced absorption capacity means that there is sufficient resin available for a secure bond.

Note: One particular difficulty encountered when the honeycomb core is bonded concerns the adequately uniform application of adhesive resin on larger components. An insufficient application of resin gives rise to weakened bonds at the affected sites. One particularly useful indication in practice is when the colour of the outer surface layer contrasts with the dry white glass fabric. This contrast is far easier to detect with the characteristic colours of carbon-fibre (black) and aramid fabrics (yellow) in the outer surface laminate. In the case of glass fibre laminates with a white overlay a contrasting colour can be injected beneath the overlay. Whereas the dry glass fabric lay-up first of all has a whitish shimmer, the degree of impregnation can be seen very clearly as a measure of the contrasting colour's intensity. This method virtually rules out any possibility of weakened bonds owing to an inadequate application of resin.



laminat, whereby it can sink into the glass laminate of approx. 0.1 mm thickness. The **80 g/m² glass fabric** here undertakes the function of a coupling layer. In addition, its enhanced absorption capacity means that there is sufficient resin available for a secure bond.

Note: One particular difficulty encountered when the honeycomb core is bonded concerns the adequately uniform application of adhesive resin on larger components. An insufficient application of resin gives rise to weakened bonds

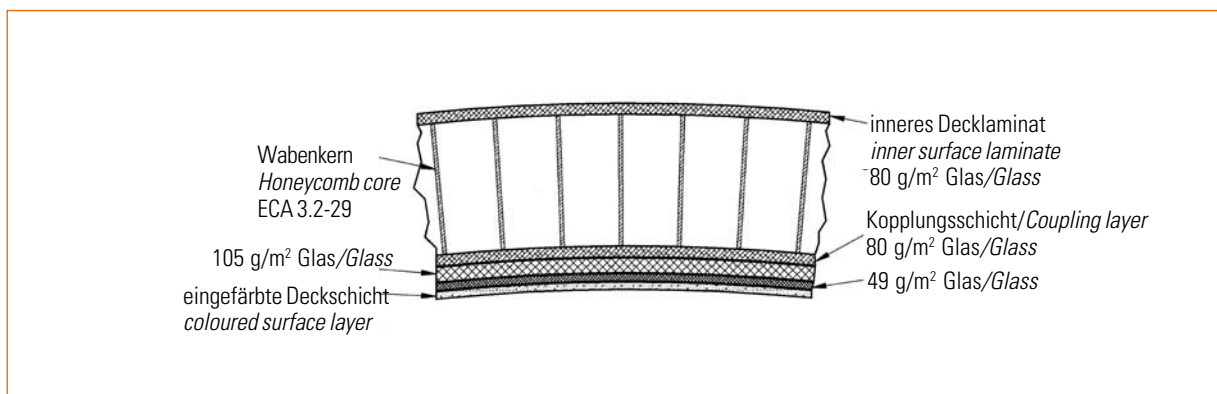
at the affected sites. One particularly useful indication in practice is when the colour of the outer surface layer contrasts with the dry white glass fabric. This contrast is far easier to detect with the characteristic colours of carbon-fibre (black) and aramid fabrics (yellow) in the outer surface laminate. In the case of glass fibre laminates with a white overlay a contrasting colour can be injected beneath the overlay. Whereas the dry glass fabric lay-up first of all has a whitish shimmer, the degree of impregnation can be seen very clearly as a measure of the contrasting colour's intensity. This method virtually rules out any possibility of weakened bonds owing to an inadequate application of resin.

The dry glass fabric has a whitish shimmer. When it is impregnated with laminating resin, the contrasting colour shows through. The degree of impregnation through the coupling layer can then be monitored with greater reliability. This method virtually rules out any possibility of weakened bonds owing to an inadequate application of resin.



Flugzeugrumpf in Waben-Sandwichbauweise

Fuselage as a honeycomb sandwich construction



Mit einem 80 g/m²-Glasgewebe als Kupplungsschicht läßt sich bei nur geringem Gewichtszuwachs die Klebefestigkeit zwischen Wabenkern und Decklaminat deutlich erhöhen.

A coupling layer of 80 g/m² glass fabric considerably increases the bond strength between the honeycomb core and the surface laminate with only a low increase in weight.



Damit überall ein gleichmäßiger Druck anliegt und keine Vertiefungen überspannt werden, muß die Folie großzügig in Falten gelegt werden.

The film must be laid in generous folds if the pressure is to be applied equally at all points and there are no voids over depressions.



Auch im **Formenbau** werden mittlere Waben eingesetzt. Gerade große Formen, wie hier am Beispiel eines Motorflugzeugs, werden sehr leicht und steif.

Honeycombs are also being used now in **mould construction**. Particularly large moulded parts, such as the powered aircraft given here in this example, are then very light and rigid.

Wie können Ecken und Kanten gestaltet werden?

Eine Versteifung durch die stark vergrößerte Wandstärke beim Wabensandwich ist nur auf größeren Flächen erforderlich. Ecken und Kanten bewirken zumeist schon eine ausreichende räumliche Versteifung. Zudem lassen sich Wabekern und inneres Decklaminat nur schwierig in scharfe, tiefe Kanten hineinpressen, so daß hier die Gefahr einer Fehlverklebung besonders hoch ist. Aus diesen Gründen sollte in Ecken und Kanten, soweit sie denn überhaupt am Sandwichbauteil erforderlich sind, der Wabekern ausgespart werden. Einige wenige zusätzliche Gewebestreifen im äußeren Decklaminat reichen hier für eine ausreichende Versteifung meistens aus. Bei höheren Beanspruchungen können zusätzlich auch noch Rovings entlang der Kante verlegt werden.

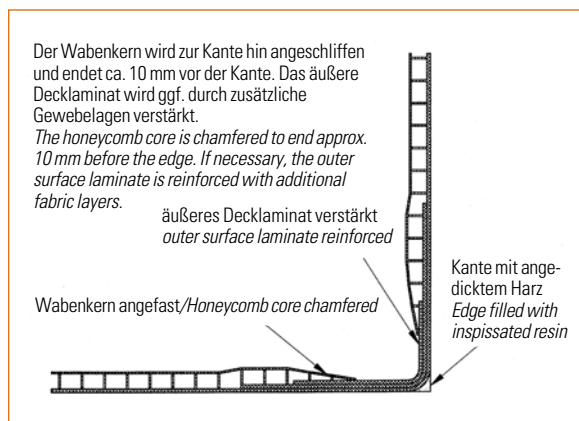
How can corners and edges be designed?

Increasing the wall thickness as a measure of stiffening a honeycomb sandwich is necessary over larger areas only. In most cases, edges and corners themselves exert stiffening effects owing to their design. In addition, the honeycomb core and inner surface laminate can be pressed into sharp, deep corners only with difficulty, and so there is a much greater risk of weakened bonding. For this reason, the honeycomb core should be cut at edges and corners, if they are at all necessary for the sandwich component. A small number of additional fabric strips in the outer surface laminate usually provides adequate stiffening. If the component is subjected to higher loading, also rovings can be laid in addition along the edges.

Wie gestaltet man Formen, damit man sie Vakuum ziehen kann?

Kleine Formen werden vorzugsweise komplett in einem Vakuumsack verpreßt. Hierbei dürfen die Formen über keinen versteifenden Hinterbau aus Rippen oder Spanten verfügen. Andererseits müssen die Formen steif genug sein, damit sie sich auch ohne Hinterbau nicht verziehen. Für kleinere Formen bis ca. 0,5 m² ist dabei eine Formenwandstärke von ca. 5 mm erforderlich. Bei GFK-Formen müssen dazu schon bis zu 10 Gewebelagen 390 g/m²-Gewebe laminiert werden. Hier hat sich aber auch die Bauweise von Formen mit Laminierkeramik bestens bewährt. Wichtig ist, daß die Form auf der Vorder- und Rückseite keine scharfen Ecken aufweist, an denen der Folienschlauch einreißen könnte.

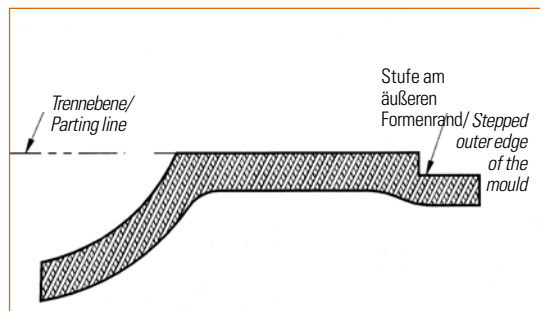
How are moulds designed for vacuum forming?



The preferred method for small moulds is to pressurise them in a vacuum bag. In this case, the moulds may not be designed with a base structure of ribs or frames. On the other hand, the moulds must be rigid enough to withstand warping without a base structure. Smaller moulds up to approx. 0.5 m² must have a wall thickness of about 5 mm. GRP moulds in addition must be laminated with up to ten layers of 390 g/m² fabric. The best results in practice are obtained with moulds made up of laminating ceramics. What is important is that the mould does not exhibit any sharp edges on the front or rear sides which could puncture the film hose.

Steile Vertiefungen sind ebenso ungünstig, da dort recht schwierig zu gewährleisten ist, daß der Folienschlauch überall anliegt. Generell gilt: Je flacher eine Form ist, desto einfacher kann sie vakuumgezogen werden. Große Formen lassen sich oft nur schwierig komplett in einen Folienschlauch einsetzen. Hier empfiehlt es sich, die Folie auf dem Formenrand abzudichten. Dazu muß die Form selber luftdicht sein. Bohrungen für Paßstifte oder Formverschraubungen dürfen nicht innerhalb des abzudichtenden Bereiches liegen. Eine Zentrierung von Formenhälften aufeinander kann einfach mit den herausnehmbaren dreiteiligen Paßstiften von R&G geschehen. Damit die elastische Dichtmasse beim Vakuumziehen nicht in die Form hineinläuft, hat es sich bewährt, den Formenrand entsprechend stufig zu gestalten.

Also detrimental are abrupt depressions, which prevent the film hose from lying in contact at all points. A general rule is the flatter a mould, the easier it is to vacuum-form. Large moulds are often difficult to place completely in a film hose. The recommended procedure in this case is to seal the film along the edges of the mould. At the same time, the mould itself must be airtight. Bores for alignment pins or screw unions must not lie within the sealed area. The mould halves can be easily centred over each other with the removable three-part alignment pins from R&G. An established practice is to design the mould with a stepped edge so that vacuum forming does not force the elastic sealing compound into the mould.



Wenn bei größeren Formen die Folie auf dem Formenrand abgedichtet werden soll, erleichtert eine Stufe am äußeren Rand das Abdichten.

A stepped outer edge facilitates sealing the film over the edge of larger moulds.

Generell ist vor der Herstellung eines vakuumgezogenen Bauteils zu empfehlen, die Form einmal probeweise vakuum zu ziehen. Hierbei zeigt sich schnell, wo sich eventuell Schwierigkeiten beim Absaugen und einer gleichmäßigen Druckverteilung ergeben könnten. Bei größeren Formen wird man weiterhin ein luftdurchlässiges grobes Gewebe bzw. Polyestervlies zwischen die Vakuumfolie und die weiteren Lagen legen, damit sich der Unterdruck schnell und gleichmäßig aufbauen kann.

In general it is recommended before a component is vacuum-formed to test its suitability in a trial run. This is a fast method of identifying any difficulties encountered during evacuation or the uniform distribution of pressure. In the case of larger moulds, the vacuum can be generated quickly and uniformly when a coarse air-permeable fabric or polyester non-woven is placed as usual between the vacuum film and the other layers.



Vakuumgezogene Form eines UL-Tragflügels. Auf der 9 m² großen Form wirkt eine Anpreßkraft von insgesamt 45 Tonnen.

Vacuum-formed mould of an ultralight wing. The total pressure applied to the 9 m² mould is equivalent to 45 tonnes.

WABEN IM MODELLBAU

HERSTELLUNG EINER PIK 20 E

Die PIK 20 E ist ein Hochleistungs-Segelflugzeug. J. Eichstetter konstruierte und baute dieses Großmodell in mehrjähriger Arbeit aus modernsten Leichtbauwerkstoffen.

Um das bei einem Modell dieser Größe hohe Strukturgewicht zu reduzieren, wurden Rumpf, Tragflächen und Leitwerk konsequent in Schalenbauweise mit leichten und druckfesten R&G-Aramidwaben als Stützstoff ausgeführt.

Die nachfolgende Baubeschreibung zeigt anhand von Baustufenfotos die Komplexität der Arbeiten. Auch wenn Sie kein "Großprojekt" planen, können Ihnen die gezeigten Arbeitsschritte beim Verwirklichen eigener Leichtbaukonstruktionen hilfreich sein. Bei sorgfältiger Vorplanung und mit der notwendigen Ausstattung an Werkzeugen und Material können Sie auf Anhieb gute Resultate erzielen.

Noch ein Hinweis: die Formensätze für Rumpf, Flächen und Leitwerk wurden komplett aus Formenharz und Laminierkeramik von R&G hergestellt.

HONEYCOMBS IN MODEL CONSTRUCTION

MANUFACTURE OF A PIK 20 E

The PIK 20 is a high-performance glider. Working for many years, J Eichstetter designed and built this large-scale model from state-of-the-art lightweight engineering materials.

In order to reduce the high structural weight of a model in this size category, Eichstetter designed the fuselage, wings, and tail unit consistently as shell structures supported on lightweight and compression-resistant R&G aramid honeycombs.

Photos documenting the stages of the work are reproduced here to show the complexity of the work. Even if you are not planning a large-scale project, the steps given below can be of help to you in building your own lightweight constructions. After some careful preliminary planning and with the right tools and materials you can obtain good results straight away.

And in case you didn't know - the mould sets for fuselage, wings, and tail unit were made completely of mould resin and laminating ceramic from R&G.



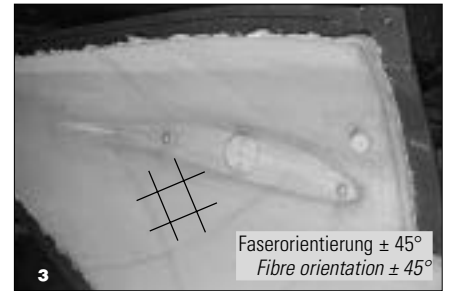
Gründliches Wachsen der Formen und Abdecken des Formenrandes mit Folie bis ca. 2 mm an die Kante. Anschließend Einspritzen der Deckschicht (UP-Vorgelat weiß) oder 2-K-Lack. Gewicht ca. 300 g/m².

The moulds are thoroughly waxed and covered with film reaching to about 2 mm from the edges. The overlay (white UP pre-gel) or two-component varnish is now injected. Weight approx. 300 g/m².



Abziehen der Folienabdeckung im noch nassen Zustand. Danach Auhärten der Deckschicht über Nacht. Die Kanten im Kabinenhubereich werden mit einem Harz/Baumwollflocken/Glasfaserschnitzel-Gemisch aufgefüllt.

The film cover is drawn off when still wet. The overlay is then left to cure overnight. The edges around the cockpit hood are filled with a mixture of chopped glass fibre strands, resin, and cotton flock.



Durchgehend werden 2 Lagen 80 g/m² Glasgewebe diagonal eingelegt, im Bereich der Rumpfnase wird bis auf 5 Lagen verstärkt.

Two layers of 80 g/m² glass fabric are laid consistently at 45°. Near the fuselage nose reinforcement is up to five layers.



Nach dem Anhängen des Harzes (ca. 8 h Härtezeit) wird das überstehende Gewebe mit einer scharfen Klinge abgeschnitten.

After the resin has undergone preliminary curing (approx. eight hours), the projecting fabric is cut off with a sharp blade.



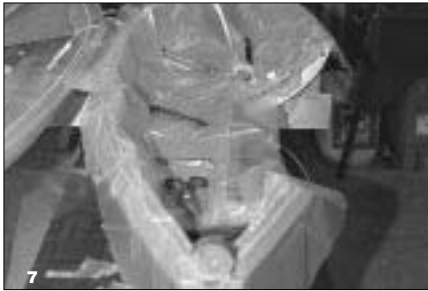
Einpassen der 3 mm-Wabe mit 2-3 cm Übermaß.

The 3 mm honeycomb is fitted with an excess edge of 2-3 cm.



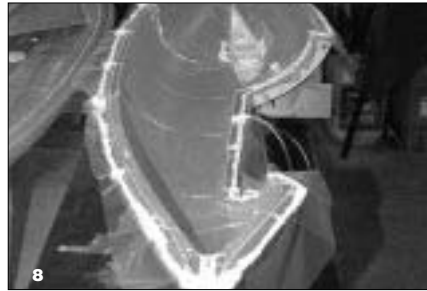
Die zugeschnittene Wabenplatte wird entnommen und eine weitere Lage 80 g-Glasgewebe einlaminiert. In das noch nasse Gewebe wird die Wabe eingelegt, mit Gewichten beschwert und an den Stößen mit Tesa fixiert.

The honeycomb, here cut to size, is removed, and a further layer of 80 g glass fabric is laminated. The honeycomb is laid in the fabric when still wet, loaded with weights, and fixed along the joins with adhesive tape.



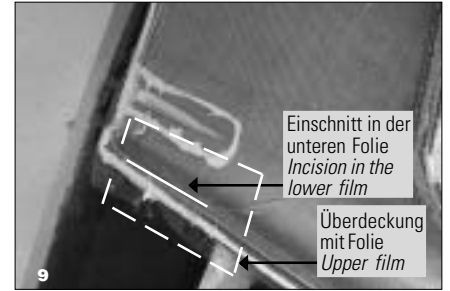
Auflegen einer PVC -Folie (0,03 mm Dicke), dann wieder beschweren.
Falls die Beschaffung von PVC-Folien Probleme bereitet, kann alternativ auch eine "Baufolie" aus PE verwendet werden. Diese ist meist in einer Stärke von 0,2 mm erhältlich. Noch besser geeignet: R&G Latex-Tuch (Gummituch).

*A PVC film is applied (0.03 mm thick), and the whole loaded again.
If there is difficulty in obtaining PVC films, construction sheeting of PE can be used instead. In most cases this is available in a thickness of 0.2 mm. A far better alternative is R&G latex sheet (rubber sheet).*



Während die Vakuumpumpe läuft, wird am Rand mit Silikon abgedichtet und die Folie angedrückt.
Ist alles dicht, reichen zwei Vakuumschlüsse (1x Kabinenhaube, 1x Rumpfnase) vollkommen aus.

*With the vacuum pump running, the edges are sealed with silicone and the film pressed into place.
Once everything is airtight, all that is now needed are two vacuum connections (one each for the cockpit hood and fuselage nose).*



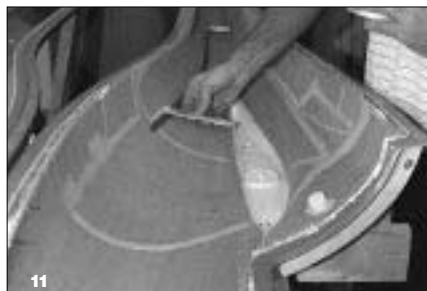
Sehr tiefe Stellen werden mit Silikon umspritzt, dann mit einem Messer aufgeschnitten und sofort mit einem Stück Folie überdeckt, welches sich dann in die Vertiefung einsaugt.

The procedure with very deep depressions is to apply silicone around them on the film, to cut open the film with a knife, and then to cover the cuts with a second piece of film. This second film is then forced by the vacuum into the depression.



Nach dem Anhängen des Harzes, also nach etwa 12 Stunden, wird die Wabe überall dort, wo Spanten, Einziehfahrwerk und Klapptriebwerksschacht verklebt werden, mit einem Epoxydharz Baumwollflockengemisch aufgefüllt. Als sehr leichter Füllstoff sind auch Glas-Bubbles gut geeignet.

*Once the resin has undergone preliminary curing after about twelve hours, a mixture of epoxy resin and cotton flock is applied everywhere the frames, retractable landing gear, and flap well are attached.
Also glass bubbles are ideal as a very light filler.*



Auffüllen der Wabe mit eingedicktem Epoxydharz.

The honeycomb is filled with inspissated epoxy resin.



Zuschneiden der Übertragungsfolie (PVC, PE 0,03 - 0,2 mm) für das innere Decklaminat.

The transfer film (0.03 mm PVC or 0.2 mm PE) is cut to size for the inner surface laminate.



Auf einem Stück Schaumstoff wird die Übertragungsfolie mit einer Nadel alle 3 cm durchlöchert. Besser geeignet, wenngleich auch teurer, ist die R&G Lochfolie (Bestell-Nr. 390 185-X).

Placed on a piece of foam, the transfer film is punctured every 3 cm with a pin. More suitable, if also more expensive, is R&G perforated film (order no. 390 185-X).



Vortränken des Glasgewebes auf Zeitungspapier.

The glass fabric is pre-impregnated on newspaper.



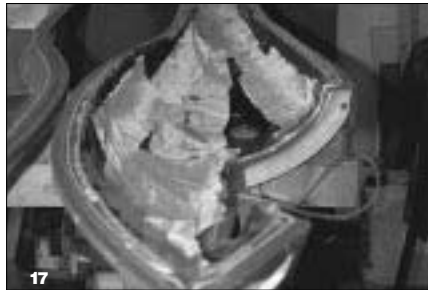
Abziehen des nassen Glasgewebes **zusammen** mit der Übertragungsfolie.

*The wet glass fabric is drawn off **together** with the transfer film.*



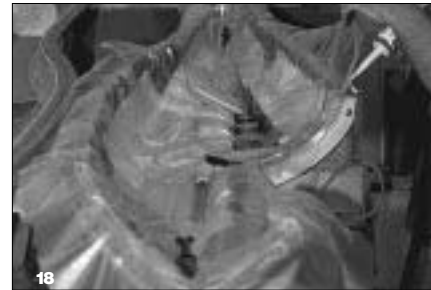
Auftragen von Harz und Einlegen der noch fehlenden Wabenstücke.

The resin is applied, and the missing pieces of honeycomb laid.



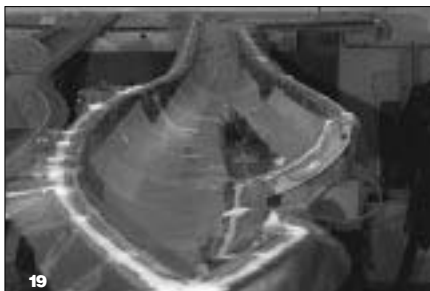
Das eingelegte Gewebe wird nun mit Abreißgewebe abgedeckt.

The laid fabric is now covered with tear-off fabric.



Zuletzt wird eine mit reichlich Übermaß zugeschnittene Vakuumfolie aufgelegt, mit Gewichten fixiert und mit Silikon am Formenrand verklebt und abgedichtet.

Last of all, a vacuum film with excess edge lengths is laid, fixed in place with weights, and sealed along the edges of the mould with silicone.



Nach dem Einschalten der Vakuumpumpe preßt sich die Folie gegen die Form und verklebt das nasse Innenlaminat kraftschlüssig mit der Wabe.

When the vacuum pump is activated, the film presses against the mould, effecting a non-positive bond between the inner laminate and the honeycomb.



Nach ausreichender Härtezeit (je nach Harz 8-12 h) werden alle Folien entfernt und die Schale mit der Formkante bündig geschnitten.

After an adequate curing time (eight to twelve hours depending on the resin) all films are removed, and the shell cut to the edge.



Die Kante im Bereich des Kabinenhauben-Ausschnitts wird mit einem Harz-Baumwollflocken-Gemisch geschlossen.

The edge around the cut-out for the cockpit hood is sealed with a mixture of resin and cotton flock.



Laminieren des Fahrwerksschachts über ein aus Holz erstelltes Positiv. Zwei Lagen 80 g-Gewebe reichen aus.

The wheel well is laminated over a male mould made of wood. Two layers of 80 g fabric are sufficient.



Unter Einblasen von Luft wird diese dünne Schale entformt, der Positivkern erneut gewachst und die GFK-Schale wieder aufgeschoben (reine Vorsichtsmaßnahme bei schwierig zu entformenden Teilen).

This thin shell is demoulded with compressed air, the male core again waxed, and the GRP shell replaced (a purely precautionary measure when parts are difficult to demould).



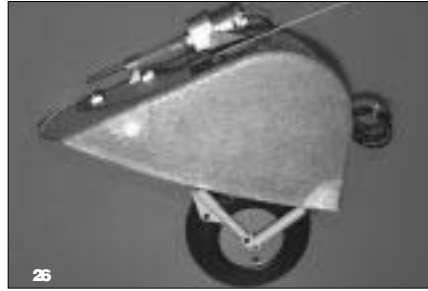
Auflaminieren der Waben-Seitenteile und des Mittelstücks.

Laminates are laid over the honeycomb's side parts and centre.



Der fertige Fahrwerkskasten läßt sich leicht entformen.

The finished wheel well can be easily demoulded.



Das einbaufertige Einziehfahrwerk. Die Mechanik und alle Maße sind vom Original maßstabsgetreu übernommen.

The retractable landing gear is ready for installation. All mechanisms and scale dimensions are faithful to the original.



Nach Papierschablonen werden Leisten für den Klapptriebwerksschacht, bestehend aus Spant und Trennwand, auf eine Spanplatte geklebt und mit Vakuum eine Folie darüber gezogen.

Based on paper templates, strips for the flap well, consisting of a frame and dividing wall, are glued on a particle board. A film is then pressed against the structure under a vacuum.



Im nächsten Arbeitsschritt werden die Einbauten in die Rumpfhältschalen eingeklebt.

In the next step the attachments are glued to the fuselage shells.



Einziehfahrwerk, Hauptspant und Klapptriebwerk nach dem Einbau.

The retractable landing gear, main bulkhead, and flap extender after installation.



Zum Verkleben der Rumpfhälften wird eine Raupe aus einem Harz/Glas-Bubbles-Gemisch beidseitig auf die Klebestellen aufgetragen.

A strand of adhesive, here a mixture of resin and glass bubbles, is applied to both surfaces for joining the fuselage halves.



Die beiden Formhälften werden aufgestellt und vorsichtig zusammengeschoben.

The two mould halves are aligned and carefully pushed together.



Klammern pressen die geschlossene Form zusammen.

Clamps press together the closed mould.



Nach 24h Härtung wird der Rumpf entformt. Das Gesamtgewicht beträgt 8,5 kg davon abziehen sind 4,5 kg für das Klapptriebwerk und 1,5 kg für Einziehfahrwerk und Spant. Es bleibt ein Schalen-gewicht von 2,5 kg für einen Rumpf mit ca. 2,5 m² Fläche.

After 24 hours of curing the fuselage is demoulded. The total weight is 8.5 kg, of which 4.5 kg is the flap extender and 1.5 kg the retractable landing gear and frame. So the shell itself weighs 2.5 kg - for 2.5 m² of fuselage

ARAMID-WABE 29 kg/m³

STÜTZSTOFF FÜR LEICHTE SANDWICHKONSTRUKTIONEN

Beschreibung

- **Hohe Schlag-, Vibrations- und Ermüdungsbeständigkeit**
- **Extreme Druckfestigkeit**
- **Sehr gute Chemikalienbeständigkeit**

Aramid-Waben sind nichtmetallische, leichtgewichtige Waben aus Nomex[®]-Papier (Kevlar[®]-Papier), die mit hitzebeständigem Phenolharz, entsprechend den strengen Anforderungen der Luftfahrt, beschichtet sind. Die Verbindung von Aramidfasern und Phenolharz verleiht der Wabe ihre herausragenden Eigenschaften. Die hexagonalen (sechseckigen) Zellen garantieren eine optimale Festigkeit und Steifigkeit sowohl bei flachen, als auch bei bearbeiteten Sandwichstrukturen. Die Verformbarkeit in dünner Stärke von z.B. 2 - 3 mm ist gut.

Temperaturbeständigkeit

Die Wärmebeständigkeit von R&G Aramid-Waben ist besser, als in den Spezifikationen der Luftfahrtindustrie verlangt wird. Bei 135 °C beträgt die Verringerung der Druck- und Schubfestigkeit ca. 15 %, während der Verlust an Druckfestigkeit bei 180 °C unter 25 % des Anfangswertes liegt.

Brandverhalten

Aramid-Waben verfügen über eine **ausgeprägte Feuchtigkeits- und Hitzebeständigkeit** und sind als **schwer entflammbar/selbstverlöschend** eingestuft. Im Brandfall erzeugen sie sehr geringe Mengen an Rauch und nahezu keine toxischen Substanzen. Die Rauchdichten nach der ATS 1000.001 sind sehr niedrig im Vergleich zu der Luftfahrt-Forderung.

Chemikalienbeständigkeit

Die Chemikalienbeständigkeit der Aramid-Waben gegen Flüssigkeiten, die beim Flugzeugbau gebräuchlich sind, ist erwiesen. Der Abfall der Festigkeit nach 144 Stunden Tauchbelastung bei Raumtemperatur in Motoröl, hydraulischem Öl oder destilliertem Wasser ist kleiner 10 %.

Elektrische Eigenschaften

Bei 9375 MHz ist die dielektrische Widerstandszahl 1,10 (+/- 5 %). Die Toleranz der dielektrischen Zahl gibt die Abhängigkeit der Raumdichte und der Polarisierung bei 0° Anfallwinkel an.

Produktreihe

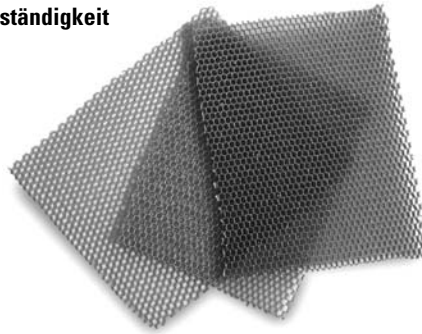
Prinzipiell sind verschiedene Dichten von 29 - 144 kg/m³ lieferbar. Standardmäßig **ab Lager** verfügbar ist die Type **29 kg/m³** in den Dicken **2, 3 und 5 mm**. Als Sonderanfertigung sind Dicken bis 914 mm möglich

ARAMIDHONEYCOMB 29 kg/m³

CORE MATERIAL FOR LIGHTWEIGHT SANDWICH CONSTRUCTIONS

Description

- **High impact, vibration, and fatigue strength**
- **Extremely high compressive strength**
- **Very good chemical resistance**



Aramid honeycombs are non-metallic, lightweight honeycombs of Nomex[®] paper (Kevlar[®] paper) coated with heat-resistant phenolic resin to comply with stringent aviation requirements. The combination of aramid fibres and phenolic resin gives the honeycomb its outstanding properties. The six-sided or hexagonal cells ensure the optimal strength and rigidity on both flat and profiled sandwich structures. Thicknesses as low as e.g. 2-3 mm exhibit good deformability.

Temperature resistance

The heat resistance of R&G aramid honeycombs is better than stipulated in the specifications from the aviation industry. At 135 °C the compressive and shear strengths fall by approx. 15%. At 180 °C the compressive strength is only 25% under the initial value.

Burning behaviour

Aramid honeycombs have a **marked resistance to moisture and heat** and are categorised as **flame-resistant / self-extinguishing**. In the case of fire, they generate only very small quantities of smoke and almost no toxic substances. The smoke densities as measured under ATS 1000.001 are very low compared with the aviation requirements.

Chemical resistance

The chemical resistance of aramid honeycombs to liquids generally used in aircraft construction has been verified. The drop in strength after 144 hours immersion at room temperature in engine oil, hydraulic oil, or distilled water is less than 10 %.

Electrical properties

The dielectric constant is 1.10 (±5%) at 9,375 MHz. This tolerance range exhibited by the dielectric constant reflects the interdependence of density and polarisation at 0° angle of incidence.

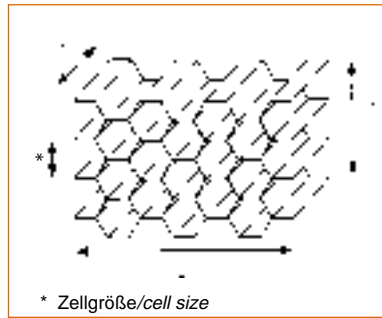
Product range

In principle, various densities ranging from 29 to 144 kg/m³ are available. **Stocked** as standard is the type **29 kg/m³** in the thicknesses **2, 3, and 5 mm**. Thicknesses up to 914 mm are possible in special batches.

Toleranzen und Größen

Zellgröße	± 10 % der Nominalgröße
Raumgewicht	± 10 % des Nominalgewichts
Länge (L)	2440 mm ± 50 mm
Breite (W)	1120 mm ± 75 mm
Dicke (T)	± 0,13 mm

Dicke(T)/Gewicht	1,5 mm (44 g/m ²) ± 0,13 mm
	2,0 mm (58 g/m ²) ± 0,13 mm
	3,0 mm (87 g/m ²) ± 0,13 mm
	5,0 mm (145 g/m ²) ± 0,13 mm



Tolerances and sizes

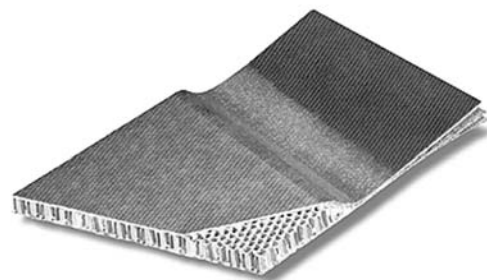
Cell size	± 10 % of nominal size
Density	± 10 % of nominal weight
Length (L)	2440 mm ± 50 mm
Width (W)	1120 mm ± 75 mm
Thickness (T)	± 0,13 mm

Thickness (T)/weight	1,5 mm (44 g/m ²) ± 0,13 mm
	2,0 mm (58 g/m ²) ± 0,13 mm
	3,0 mm (87 g/m ²) ± 0,13 mm
	5,0 mm (145 g/m ²) ± 0,13 mm

Druckfestigkeit unstabilisiert MPa <i>Compressive strength unstabilised MPa</i>	Schubfestigkeit MPa <i>Shear strength MPa</i>		Schubmodul MPa <i>Shear modulus MPa</i>	
	L	W	L	W
0,6	0,45	0,3	15,0	11,0

Packungsgrößen von 1/1 Platte (2,73 m²), 1/2 Platte (1,37 m²) und 1/4 Platte (0,68 m²)
Bestell-Nummern 500 099-X, 500 100-X, 500 105-X, 500 110-X

*Packaged quantities of 1/1 panel (2.73 m²), 1/2 panel (1.37 m²) and 1/4 panel (0.68 m²)
Order nos. 500 099-X, 500 100-X, 500 105-X, 500 110-X*



Entformen eines Flugzeugrumpfes in Waben-Sandwichbauweise

Demoulding of a honeycomb sandwich fuselage

Literaturhinweis

Systematische Entwicklung von Ultra-Leichtbaukonstruktionen in Faserverbund-Wabensandwichbauweise am Beispiel eines Kleinflugzeuges.

Dissertation von Herbert Funke

Immer weiter steigende Anforderungen an technische Produkte erfordern den Einsatz neuer, leistungsfähigerer Werkstoffe. Faserverbundwerkstoffe bieten im Bereich des Leichtbaus neue Möglichkeiten, hochbelastete Strukturen mit geringem Gewicht aufzubauen.

Durch die Vielfalt der Kombinationen von Faser-Matrix-Verbunden und die besonderen Möglichkeiten der Bauteilgestaltung kann für den einzelnen Anwendungsfall ein Werkstoff "maßgeschneidert" werden.

Unterschiedliche Fertigungsverfahren erlauben es außerdem, zusätzlichen Werkstoff gezielt dort anzuordnen, wo dieser strukturell erforderlich ist, oder auch wegzulassen, wo er nicht erforderlich ist. Neben den gewichtsspezifischen Vorteilen eröffnen sich dem Anwender von Faserverbundwerkstoffen damit noch zusätzliche konstruktive Möglichkeiten zur Gewichtsersparnis. In Wabensandwichbauweise können großflächige Strukturen mit geringem Gewicht aufgebaut werden. Die erforderliche Biege- und Beulsteifigkeit großer Platten- und Schalenstrukturen wird über die Gesamtdicke der Sandwichstruktur erreicht, die sich im Wesentlichen aus dem leichten, drucksteifen Wabekern ergibt. Es ist bekannt und durch einzelne Anwendungen belegt, dass extremer Leichtbau in Faserverbund-Wabensandwichbauweise möglich ist. Das spezifische Wissen um diese Bauweise ist bislang jedoch kaum verbreitet. Insbesondere fehlt es an Werkstoffkennwerten sowie an einer Systematik, die den Prozeß zur Entwicklung von Faserverbund-Wabensandwichkonstruktionen in systematischer Weise aufbereitet und dem Konstrukteur Hilfestellung bei der Anwendung dieser Bauweise gibt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde zunächst ein Prüfverfahren mit zugehörigem Prüfaufbau entwickelt, das die Ermittlung von Plattensteifigkeiten anhand von Testplatten ermöglicht. Im experimentellen Teil der Arbeit wurden dabei umfangreiche Steifigkeitsanalysen durchgeführt, die wichtige Erkenntnisse für die Auslegung von Sandwichkonstruktionen liefern. Darüber hinaus wurde eine Systematik für die Entwicklung von Faserverbund-Wabensandwichstrukturen erarbeitet. Sie soll den mit Leichtbauaufgaben betrauten Konstrukteur unterstützen, Leichtbaukonstruktionen Werkstoff- und Fertigungsgerecht in dieser Bauweise umzusetzen.

Im abschließenden Teil der Arbeit erfolgt eine Erläuterung der Entwicklungssystematik anhand eines Ultraleichtflugzeuges in FVK-Wabensandwichbauweise. Besonderheiten, die sich durch die spezielle Bauweise ergaben, werden herausgestellt und eingehend erläutert. Auf diese Weise werden Erfahrungen bei der Entwicklung von Faserverbund-Wabensandwichkonstruktionen auf wissenschaftlich gesicherter Basis in systematisch aufbereiteter Form weitervermittelt.

In deutscher Sprache.

Bestell-Nr. 380 220-2

Further reading

Systematic development of ultra lightweight structures of fibre composite honeycomb sandwiches for a light plane.

Doctoral thesis by Herbert Funke

Ever increasing demands placed on engineering products can be fulfilled only by new, more efficient materials. In the field of lightweight engineering, fibre composites open up new possibilities for building highly loaded structures of low weight.

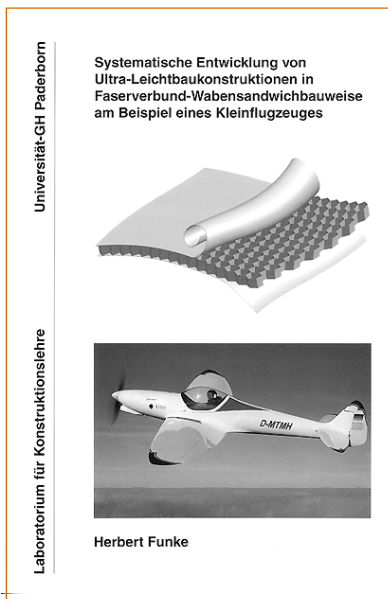
The numerous combinations of fibre and matrix materials and particularly the possibilities afforded by component design mean that a material can be tailored to the respective application case. Moreover, various production methods allow the designer to position additional material specifically where the structure requires it, or to omit material where it is not needed. This means that besides the intrinsic advantages of weight savings, users of fibre composites can now profit from this additional potential for minimising weight in the design stages. Honeycomb sandwiches facilitate the design of large-area structures of low weight. The flexural strength and

dent resistance needed for large plate and shell structures are imparted by the total thickness of the sandwich structure, essentially from the lightweight, compression-resistant honeycomb core. It is generally known and has been verified in a number of applications that ultra lightweight structures are possible with fibre composite honeycomb sandwiches. Yet the know-how needed specifically for this method of construction has still to be propagated on a broad front. Particular deficits are material characteristics and a procedure that systematically analyses the process for developing fibre composite honeycomb sandwiches and assists the designer in the application of the analysed method. The work described in this thesis first involved the development of a test method and the corresponding test methodology for determining panel rigidities on the basis of test panels. The experimental part of the work involved conducting extensive analyses of rigidity whose results provided important data for the design of sandwich constructions. In addition, a procedure was drawn up for the systematic development of fibre composite honeycomb sandwich structures. This procedure is intended to assist designers assigned with lightweight engineering jobs in integrating this construction method in the given material and production plant specifications.

The concluding part of the work explains the procedure adopted in the systematic development of an ultralight aircraft as a fibre-reinforced plastic sandwich construction. The particular features arising out of this special design method are set out and amplified. In this manner, the experience gained from the development of fibre composite honeycomb sandwich structures can be translated systematically into a presentable form based on scientific verification.

In German.

Order no. 380 220-2



Waben in unterschiedlichen Ausführungen

Various honeycomb types

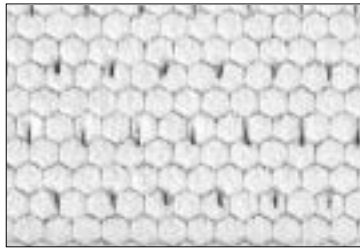
9.20

LANTOR COREMAT® XM

WABENVLIES

- Leicht verformbares Kernmaterial für Sandwichbauteile
- Definierte Schichtstärke
- Kein Vakuum erforderlich

Lantor Coremat® XM ist ein leichtes und äußerst flexibles, mit **Micro-Hohlkugeln** versetztes, weißes **Polyestervlies** für Sandwichbauteile.



Beschreibung

Die für die Steifigkeit eines Bauteils mit entscheidende Wandstärke wird in einem Arbeitsgang erzielt.

Neben der **Gewichtsreduktion** ergibt sich zudem eine erhebliche **Zeit- und Materialersparnis**.

Die Microhohlkugeln sind als **Wabenmodell** angeordnet. Dadurch ergibt sich eine **äußerst flexible Matte**, sobald die Microhohlkugeln zu 55 % mit Harz getränkt sind. Die unverwechselbare Wabenstruktur (Wabendurchmesser ca. 4 mm) ermöglicht ein schnelles und müheloses Laminieren auch komplizierter Formteile.

Zulassungen

Lloyd's, Registro Italiano Navale, Det Norske Veritas und American Bureau of Shipping.

Harze

Geeignet zum **Tränken von Coremat® XM** sind **Polyester-, Vinylester- und Epoxydharze**.

Polyesterharze

Wie Glasmatten wird Coremat® XM mit einem styrollöslichen Binder hergestellt. Etwa 30 Sekunden nach dem Auftragen von Polyesterharz löst sich dieser Binder, wodurch das Sandwichmaterial weicher wird und sich auch in sphärische Formen ausrollen lässt.

Komplizierte Bauteile mit sehr kleinen Radien lassen sich mit nur herstellen, indem Einschnitte vorgenommen oder die geraden Flächen mit passenden Stücken belegt werden. Ideal sind auch möglichst große Radien (> 5 mm bei 2 mm dickem Coremat®) und geschwungene Formen. Scharfe Kanten und Ecken sollten vermieden werden.

Epoxydharze

Für eine gute Formbarkeit ein Radius von > 10 mm erforderlich (bei 2 mm dickem Coremat®).

Komplizierte, sphärisch geformte Teile lassen sich nur herstellen, indem Einschnitte vorgenommen oder die geraden Flächen mit passenden Stücken aus Coremat® belegt werden.

Anwendungsgebiet

Kfz (Chassis, Karosserie, Skiboxen), UL-Flugzeugbau (Versteifungen), Modellbau (Versteifungen), Bootsbau (Rümpfe, Aufbauten), Behälter- und Formenbau.

LANTOR COREMAT® XM

NON-WOVEN HONEYCOMB LINER

- Easily mouldable core material for sandwich components
- Predefined coat thickness
- No vacuum needed

Lantor Coremat® XM is a lightweight and ultra flexible white **polyester non-woven filled with micro-bubbles** for sandwich constructions.

Description

The wall thickness, one of the decisive factors for the rigidity of a component, is obtained in the one working cycle.

The benefits are not only a **reduction in weight**, but also considerable **savings in time and materials**.

The microbubbles are arranged in a **honeycomb structure**, yielding an **ultra flexible mat** when 55% of the microbubbles are impregnated with resin. The distinctive honeycomb structure (honeycomb diameter approx. 4 mm) facilitates fast and effortless laminations on even complex mould parts.

Approved by

Lloyd's, Registro Italiano Navale, Det Norske Veritas, American Bureau of Shipping.

Resins

Suitable for **impregnating Coremat® XM** are **polyester, vinyl ester, and epoxy resins**.

Polyester resins

Like glass mats, Coremat® XM is manufactured with a binder soluble in styrene. Approx. thirty seconds after polyester resin has been applied this binder dissolves, in turn softening the sandwich material so that it can also be rolled out over spherical moulds.

Complex components exhibiting very small radii can be manufactured only when incisions are made or flat surfaces are covered with the matching pieces. The ideal contours are large radii (> 5 mm for 2 mm Coremat®) and gently curved moulds. Sharp edges and corners should be avoided.

Epoxy resins

Good mouldability requires a radius greater than 10 mm (for 2 mm Coremat®). Complex, spherical components can be manufactured only when incisions are made or flat surfaces are covered with the matching pieces of Coremat®.

Range of applications

Automotive engineering (chassis, body, ski racks), ultralight aircraft construction (stiffeners), model construction (stiffeners), boat building (hulls, superstructure), vessel and mould construction.

Verarbeitung

Die Verarbeitung unterscheidet sich nur wenig von normalen Glasgeweben. Sie erfordert kein spezielles Werkzeug und auch kein besonderes Geschick, sondern einfach das übliche Know-how.

Die erste Schicht Coremat® XM wird auf die nasse Glasfaserlage aufgelegt und in jede beliebige Form laminiert. Grundsätzlich verformt sich das Material beim Anrollen von selbst. Danach werden die restlichen Glasfaserlagen aufgelegt und bis hin zum fertigen Laminat mit einem Teflon-Rillenroller ausgerollt. Für die Abschlusslagen wird nur wenig zusätzliches Harz benötigt, da leichte Überschüsse aus dem Kernmaterial zur Tränkung ausreichen. Das Laminieren wird dadurch schneller, wobei sich sowohl Harzverbrauch als auch Gewicht reduzieren.

2 mm, Packungsgrößen von 1 - 80 lfm
Bestell-Nr. 190 400-X

4 mm, Packungsgrößen von 1 - 40 lfm
Bestell-Nr. 190 405-X

Processing

The procedure adopted for processing this material differs only little from normal glass fabrics. It does not need any special tools nor any particular skills, just the usual know-how.

The first layer of Coremat® XM is laid on the wet glass-fibre ply and laminated to any shape. In principle, the material deforms by itself when it is rolled over the surface. Afterwards, the remaining glass-fibre plies are laid and a grooved Teflon roller used to produce the finished laminate. Only little additional resin is needed for the finishing plies: slight excess resin from the core material provides for adequate impregnation. Laminating is accelerated as a result, and both resin consumption and weight are reduced.

2 mm, packaged quantities from 1-80 lin. m
order no. 190 400-X

4 mm, packaged quantities from 1-40 lin. m,
order no. 190 405-X

Lantor Coremat® XM Wabenviles Lantor Coremat® XM non-woven honeycomb liner	Einheit Unit	Wert Value
Lieferbare Dicken Available thicknesses	mm	2 + 4
Zur Verarbeitung geeignete Harze Suitable resins	--	Epoxid, Polyester, Vinylester epoxy, polyester, vinyl ester
Farbe Colour	--	weiß (indikator frei) white (indicator-free)
Breite Width	cm	100
Flächengewicht 2 mm Weight per unit area 2 mm	g/m ²	ca. 120 approx. 120
Harzaufnahme 2 mm Resin absorption 2 mm	g/m ²	1000
Flächengewicht 4 mm Weight per unit area 4 mm	g/m ²	ca. 240 approx. 240
Harzaufnahme 4 mm Resin absorption 4 mm	g/m ²	2000
Biegefestigkeit EN ISO 178 Flexural strength EN ISO 178	MPa	7,5
Biegemodul EN ISO 178 Flexural modulus EN ISO 178	MPa	1000
Zugfestigkeit längs ISO 527 Tensile strength, longitudinal ISO 527	MPa	4
Druckfestigkeit (10 % Dehnung) ISO 844 Compressive strength (10 % elongation) ISO 844	MPa	10
Scherfestigkeit ISO 1922 Shear strength ISO 1922	MPa	5
Schermodul ISO 1922 Shear modulus ISO 1922	MPa	10

9.22



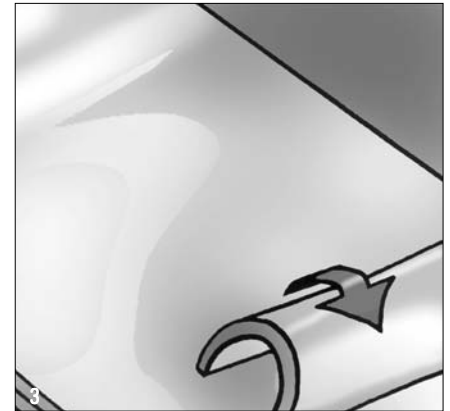
Zur Verarbeitung von Coremat® genügen einfache Werkzeuge wie Pinsel, Velourwalzen (zum Harzauftrag) und Teflonroller (zum Durchtränken und Entlüften).

All you need to process Coremat® are simple tools such as a brush, a non-woven roller (for applying the resin), and a Teflon roller (for impregnating and de-airing the laminate).



Benötigte Anzahl Glasmatten/Gewebe auftragen und darauf achten, daß vor dem Auflegen von Coremat® eine harzreiche Schicht aufgetragen wird.

Apply the requisite number of glass mats and fabric plies, making sure that the ply taking the Coremat® has a high resin content.



Coremat® auf das nasse Laminat auflegen...

Place the Coremat® on the wet laminate ...



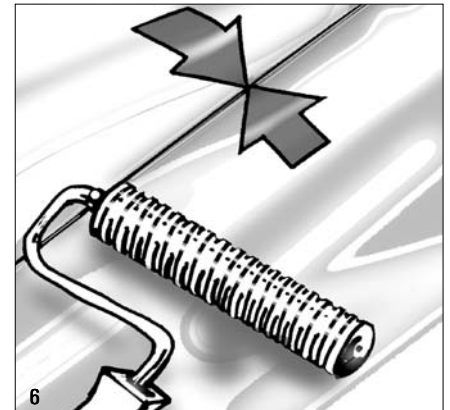
... und mit Harz tränken.

... and impregnate with resin.



Coremat® XM ist aufgrund seiner Wabenstruktur sehr flexibel und läßt sich leicht ausrollen. Bei sehr komplizierten Formen sind aber eventuell Einschnitte erforderlich.

Owing to its honeycomb structure Coremat® XM is very flexible and can be easily rolled out. Highly complex moulds, however, may necessitate incisions.



Einzelne Coremat® XM-Segmente müssen Stoß auf Stoß und nicht überlappend verlegt werden. Damit vermeidet man Lufteinschlüsse.

Coremat® XM segments applied singly must be placed edge to edge and not overlap. This helps to avoid air inclusions.



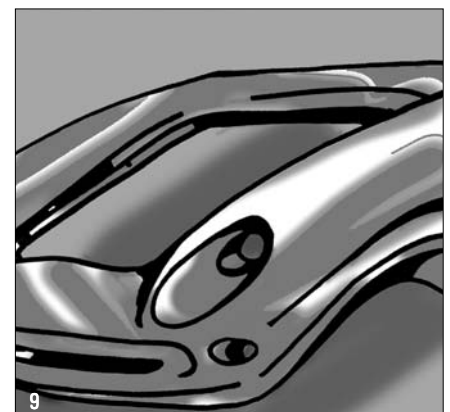
Benötigte Anzahl Glasmatten/Gewebe auftragen...

Apply the requisite number of glass mats and fabric layers ...



... und mit Harz tränken.

... and impregnate with resin.



Coremat® eignet sich besonders für großflächige Bauteile im Fahrzeug- und Sportgerätebau.

Coremat® is ideal for manufacturing large-area components for automobiles and sports equipment.

DIMENSIONIERUNG

VON FLÄCHENSTECKUNGEN MIT CFK-STÄBEN

Dr.-Ing. Herbert Funke

Kohlefaserstäbe, kurz CFK-Stäbe, eignen sich in besonderer Weise zur Verbindung von Tragflügelsteckungen von Flugmodellen. Im Vergleich zu Flächensteckungen aus Stahl sind CFK-Stäbe um den Faktor 5 leichter. Im Vergleich zu Aluohrsteckungen weisen Flächensteckungen mit CFK-Vollstäben bei gleicher Biegefestigkeit einen geringeren Durchmesser auf und eignen sich somit insbesondere für leichte Steckungen in dünnen Tragflügeln. Eine häufig gestellte Frage ist dabei jedoch die richtige Auswahl und Dimensionierung der Stäbe für den einzelnen Anwendungsfall. Die folgenden Tabellen und Diagramme liefern hier Anhaltswerte für eine Vielzahl praxisrelevanter Anwendungsfälle.

Grundlagen der Berechnung

Die hier beschriebene Dimensionierung erfolgt anhand von vereinfachten, mechanischen Zusammenhängen. So wurde davon ausgegangen, dass die Flächensteckung nur die Rumpfmasse zu tragen hat. Dieses ist dann der Fall, wenn die Auftriebsverteilung des Flügels in Spannweitenrichtung proportional zur Massenverteilung des Flügels ist. Bei hohen Einzelmassen (z. B. Ballastmassen) sind hier ggf. Korrekturen vorzunehmen. Ferner wird der Tragflügel als Rechteckflügel mit flächenkonstantem Auftrieb angenommen. Gegenüber der tatsächlichen Auftriebsverteilung ergibt sich dabei in der Regel eine Überdimensionierung, die hier als zusätzliche Sicherheit verstanden werden kann.

Formeln

Unter Annahme der oben genannten Vereinfachungen kommen folgende Formeln zur Anwendung:

Biegemoment der Flächen-Steckung:

$$M_B = \text{Auftriebskraft} \times \text{Hebelarm}$$

Maximale Auftriebskraft:

$$F_A = \text{Lastvielfaches} \times \text{Erdbeschleunigung} \times \text{Rumpfgewicht}$$

Hebelarm:

$$l = 1/4 \times \text{Gesamtspannweite}$$

Biegespannung im Rundstab:

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W_y}$$

Die Widerstandsmomente W_y für den Rundstab ergeben sich nach nebenstehender Tabelle:

Ferner wurde für die Rundstäbe eine Biegefestigkeit von 600 N/mm² angenommen. In Versuchen wurden Biegefestigkeiten weit über diesem Wert erzielt, so dass hier ebenfalls zusätzliche Sicherheiten vorhanden sind.

DIMENSIONING

CRP RODS AS SURFACE CONNECTORS

Dr.-Ing. Herbert Funke

Carbon-fibre rods, or CRP rods for short, are particularly suitable as connecting elements in model aircraft construction, for example for the wings. Compared with surface connectors of steel, CRP rods are lighter by the factor 5. Compared with aluminium tube connectors, solid CRP rods exhibit a smaller diameter for the same flexural strength and are therefore particularly ideal for lightweight connectors in thin wings. One frequently asked question, however, concerns the right choice of rods and their dimensions for each respective application case. The tables and graphs presented in the following provide approximate values for a great many practical applications.

Design basis

The dimensions described in the following are based on simplified mechanical relationships. For example, it is assumed that the surface connection is borne by the mass of the fuselage alone. This is the case when the lift distribution along the wingspan is proportional to the mass distribution of the wing. In the event of concentrated masses (e.g. ballast masses), corrections may have to be made here. Also assumed is a rectangular wing and equal lift at all points on the surface. With respect to the actual lift distribution, these assumptions generally lead to overdimensioning, which can be taken here as an additional safety feature.

Formulae

Having assumed the simplifications given above, we can use the following formulae:

Bending moment on the surface connector:

$$M_B = \text{lift} \times \text{moment arm}$$

Max lift:

$$F_A = \text{load factor} \times \text{gravitational acceleration} \times \text{fuselage weight}$$

Moment arm:

$$l = 1/4 \times \text{total wingspan}$$

Bending stress in the rod:

$$\sigma_B = \frac{M_B}{W_y}$$

W_y , the section modulus of the rod, can be taken from the following table.

Also assumed for the rods is a flexural strength of 600 N/mm². Trials obtained flexural strengths far higher than this value, which can also be taken as an additional safety feature.



Stab-Ø mm <i>Rod. dia mm</i>	W_y mm ³
2	0,79
3	2,65
4	6,28
5	12,30
6	21,20
8	50,30
10	98,20
12	170,00
14	269,00
16	402,00
18	573,00
20	785,00
24	1375,00

Orientierung für die Belastungshöhe

Da nicht nur die Tragflügelgeometrie und die Auftriebsverteilung sondern auch die Belastungshöhe entscheidend für die Tragfähigkeit einer Flächensteckung sind, wurden hier drei Modellkategorien unterschieden. Die dabei festgelegten maximalen Lastvielfachen dienen als Orientierungshilfe:

Assistance with loading levels

Not only the wing geometry and lift distribution, also the loading levels are decisive for the load-bearing capacity of a surface connector. Maximum load factors intended to assist the designer were determined for three model categories.

Modellkategorie <i>Model category</i>	Maximale Lastvielfache <i>Max load factor</i>
Leichte Segelflugmodelle, langsame Elektroflugmodelle <i>Light model gliders, slow battery-powered model aircraft</i>	n = 6 g
Schnelle Segelflugmodelle Motorflugmodelle Motorflugmodelle <i>Fast model gliders, motorised model aircraft</i>	n = 12 g
Hotliner, Speemodelle, Kunstflugmodelle <i>Hotliner, high-speed models, aerobatic models</i>	n = 20 g

Gebrauch der Tabellen

Die Werte in den Tabellen der nächsten Seiten zeigen Rumpfmassen in kg. Die Tabellen geben an, welche Rumpfmasse von einer Steckung mit vorgegebenem \emptyset in Abhängigkeit von der Spannweite getragen werden kann.

Ablesebeispiel

Bei einem maximalen Lastvielfachen von 12 g kann ein CFK-Stab, mit \emptyset 16 mm bei einer Spannweite von 3,00 m eine Rumpfmasse bis 2,7 kg tragen.

Gebrauch der Diagramme

Die Diagramme zeigen, welcher CFK-Stab- \emptyset bei einer bestimmten Kombination von Spannweite und Rumpfmasse erforderlich ist.

Ablesebeispiel

Bei einer Spannweite von 2,35 m und einem Rumpfgewicht von 6.200 g liegt der Schnittpunkt für Lastvielfache von 12 g oberhalb der Linie für CFK-Stäbe mit 18 mm \emptyset . Es ist also der nächst dickere Stab mit 20 mm \emptyset erforderlich.

Wichtiger Hinweis

Die angegebenen Werte liefern ungefähre Anhaltswerte für den Gebrauch und die Auswahl von CFK-Stäben als Flügelsteckungen. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Lastfälle im genannten Anwendungsbereich kann keine Gewährleistung für eine genügende Biegefestigkeit in Einzelfällen übernommen werden. Festigkeitsversuche werden in Einzelfällen empfohlen. Irrtümer, Druckfehler und Änderungen vorbehalten.

How to use the tables

The tables presented on the following pages list the values for the fuselage mass in kilograms. They are the maximum values that a connection of specific diameter can bear for a specific wingspan.

Example

With a max load factor of 12 g, a CRP rod of 16 mm diameter can bear a max fuselage mass of 2.7 kg for a wingspan of 3.00 m.

How to use the graphs

The graphs are used to determine the diameter a CRP rod must have for a specific combination of wingspan and fuselage mass.

Example

For a load factor of 12 g, the point of intersection between a wingspan of 2.35 m and a fuselage mass of 6,200 g lies above the line for CRP rods of 18 mm diameter. The thicker rod, here with a diameter of 20 mm, should then be taken.

Important information

The listed values are approximate values for the selection and use of CRP rods as wing connectors. Owing to the diversity of loading conditions in the described range of applications, there can be no guarantee given for the adequacy of flexural strength from case to case. Experimental stress analyses are recommended in these cases. No liability accepted for errors or misprints. Subject to change without notice.

Ablesebeispiel

Schnelle Segelflugmodelle, Motorflugmodelle

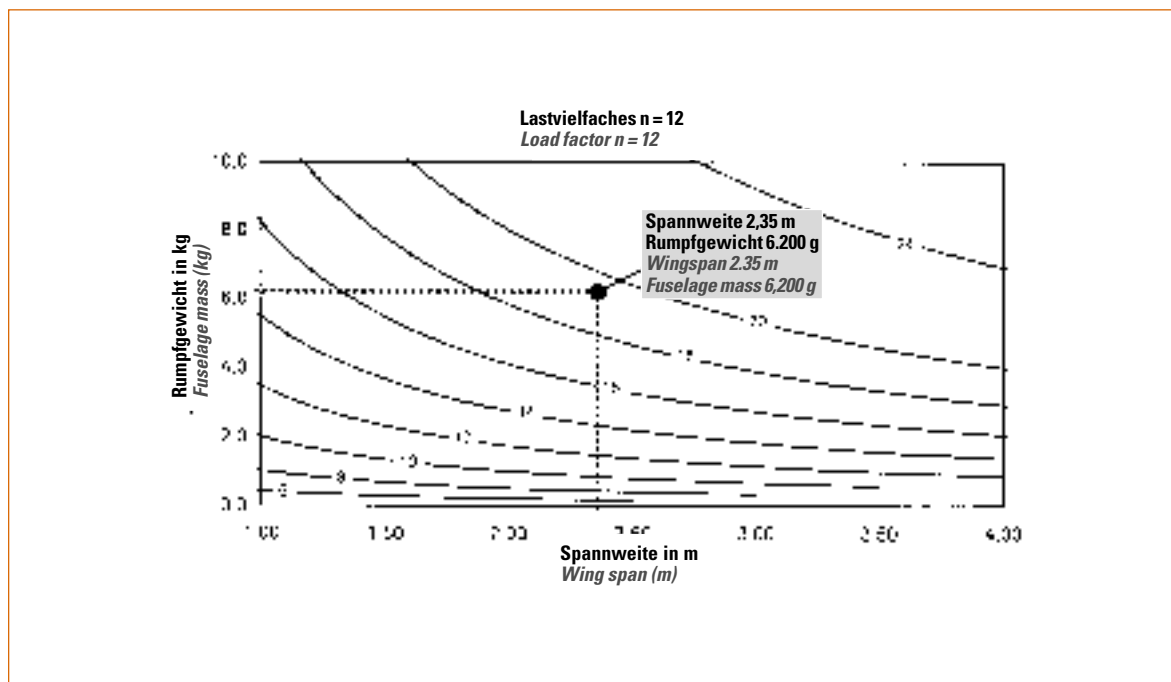
max. Rumpfgewichte in kg für $n_{max} = 12$, abhängig vom \varnothing des CFK-Stabes und der Flügelspannweite

Example

Fast model gliders, motorised model aircraft

max fuselage mass in kg für $n_{max} = 12$ as a function of CRP rod diameter and wingspan

CFK-stab- \varnothing CRP rod dia. mm	Flügelspannweite in m / Wingspan in m											
	0,80	1,00	1,25	1,60	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00
6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2						
8	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4						
10	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8		0,6				
12	4,3	3,5	2,8	2,2	1,7	1,4		1,0	0,9			
14	6,9	5,5	4,4	3,4	2,7	2,2		1,6	1,4	1,2		
16							2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	
18	14,6	11,7	9,3	7,3	5,8		max. Rumpfgewicht max fuselage mass	2,9	2,6	2,3	1,9	
20	20,0	16,0	12,8	10,0	8,0			4,0	3,6	3,2	2,7	
24			22,1	17,3	13,8	11,1	9,2	7,9	6,9	6,1	5,5	4,6



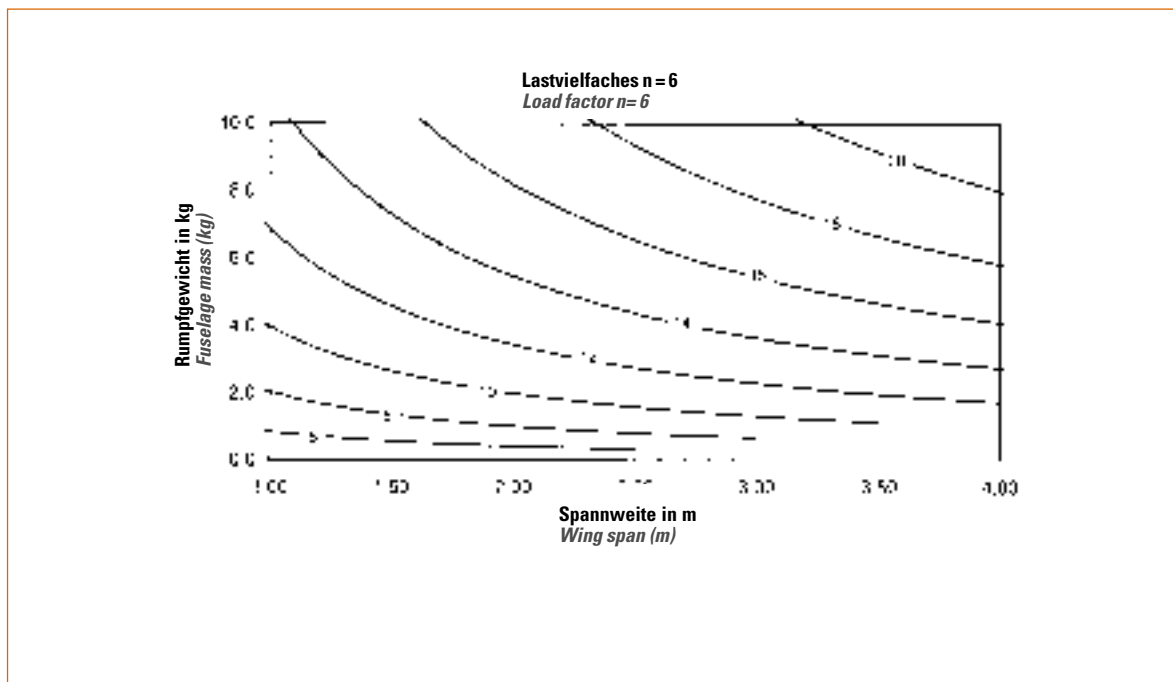
Leichte Segelflugmodelle, langsame Elektroflugmodelle

Light model gliders, slow battery-powered model aircraft

max. Rumpfgewichte in kg für $n_{max} = 6$, abhängig vom \varnothing des CFK-Stabes und der Flügelspannweite

max fuselage mass in kg für $n_{max} = 6$ as a function of CRP rod diameter and wingspan

CFK-Stab- \varnothing CRP rod dia. mm	Flügelspannweite in m / Wingspan in m											
	0,80	1,00	1,25	1,6	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00
6	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3						
8	2,6	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,7					
10	5,0	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,3	1,1				
12	8,6	6,9	5,5	4,3	3,5	2,8	2,3	2,0	1,7			
14	13,7	11,0	8,8	6,9	5,5	4,4	3,7	3,1	2,7	2,4		
16	20,5	16,4	13,1	10,2	8,2	6,6	5,5	4,7	4,1	3,6	3,3	
18			18,7	14,6	11,7	9,3	7,8	6,7	5,8	5,2	4,7	3,9
20				20,0	16,0	12,8	10,7	9,1	8,0	7,1	6,4	5,3
24						22,1	18,4	15,8	13,8	12,3	11,1	9,2



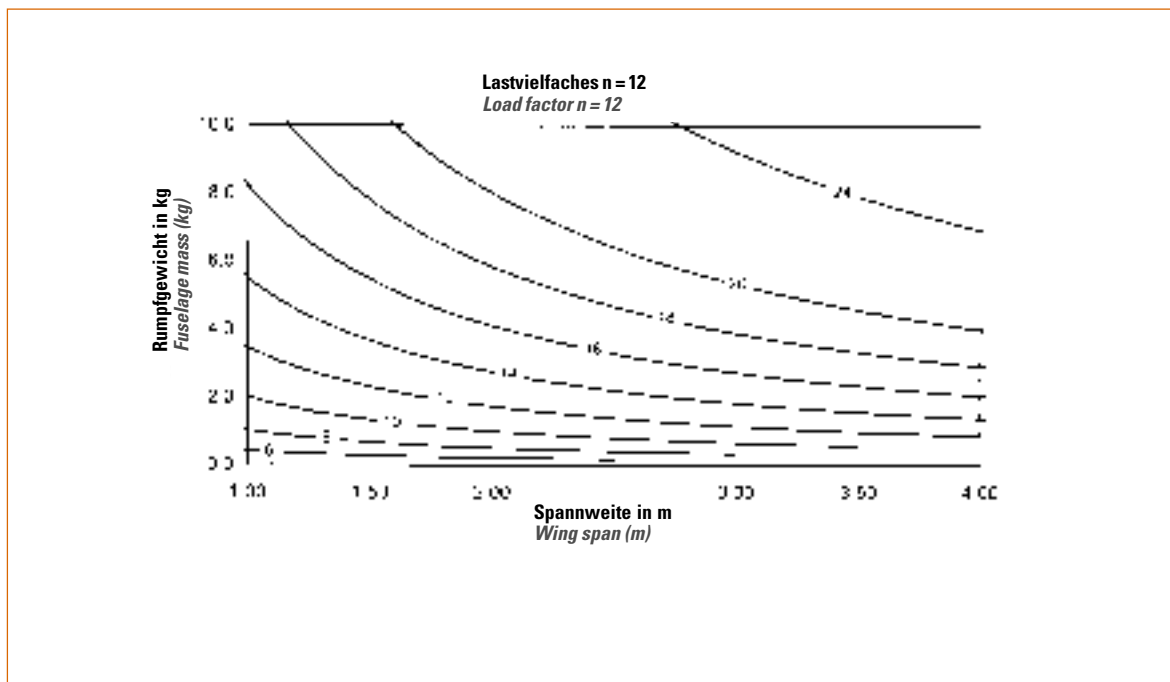
Schnelle Segelflugmodelle, Motorflugmodelle

Fast model gliders, motorised model aircraft

max. Rumpfgewichte in kg für $n_{max} = 12$, abhängig vom \varnothing des CFK-Stabes und der Flügelspannweite

max fuselage mass in kg für $n_{max} = 12$ as a function of CRP rod diameter and wingspan

CFK-Stab \varnothing CRP rod dia. mm	Flügelspannweite in m / Wingspan in m												
	0,80	1,00	1,25	1,6	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	
6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2							
8	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3						
10	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6					
12	4,3	3,5	2,8	2,2	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9				
14	6,9	5,5	4,4	3,4	2,7	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2			
16	10,2	8,2	6,6	5,1	4,1	3,3	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6		
18	14,6	11,7	9,3	7,3	5,8	4,7	3,9	3,3	2,9	2,6	2,3	1,9	
20	20,0	16,0	12,8	10,0	8,0	6,4	5,3	4,6	4,0	3,6	3,2	2,7	
24			22,1	17,3	13,8	11,1	9,2	7,9	6,9	6,1	5,5	4,6	



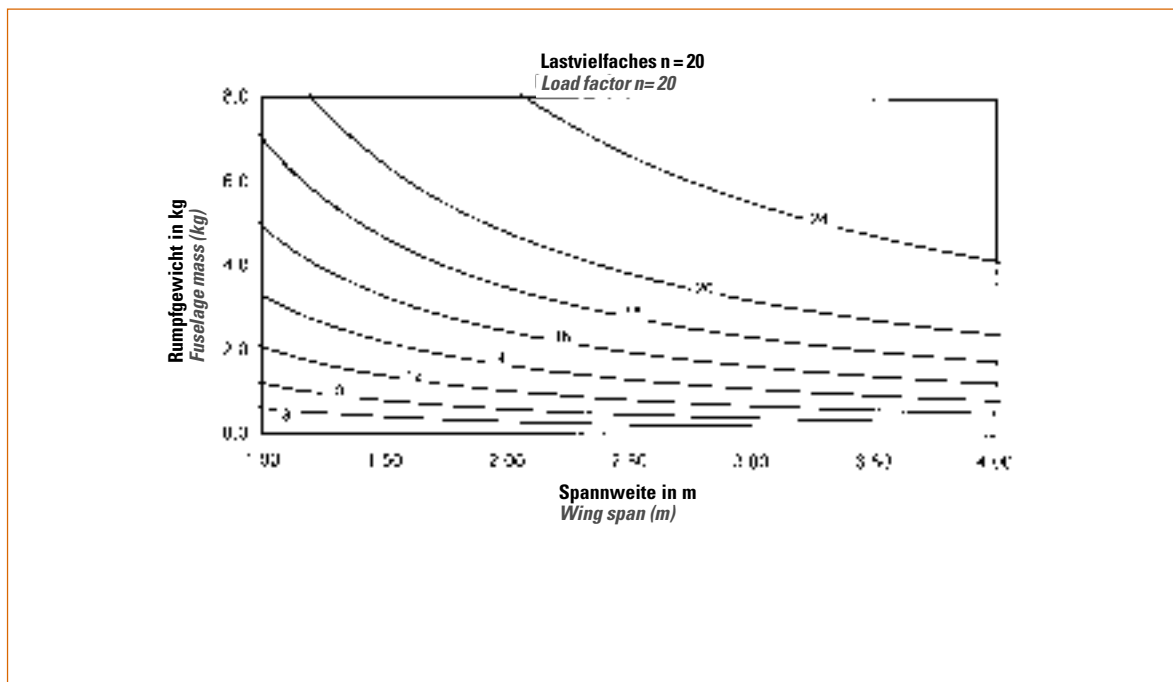
Hotliner, Speedmodelle, Kunstflugmodelle

Hotliner, high speed models, aerobatic models

max. Rumpfgewichte in kg für $n_{max} = 20$, abhängig vom \varnothing des CFK-Stabes und der Flügelspannweite

max fuselage mass in kg für $n_{max} = 20$ as a function of CRP rod diameter and wingspan

CFK-Stab- \varnothing CRP rod dia. mm	Flügelspannweite in m / Wingspan in m											
	0,80	1,00	1,25	1,6	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00
8	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2					
10	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3				
12	2,6	2,1	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5			
14	4,1	3,3	2,6	2,1	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7		
16	6,1	4,9	3,9	3,1	2,5	2,0	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	
18	8,8	7,0	5,6	4,4	3,5	2,8	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
20	12,0	9,6	7,7	6,0	4,8	3,8	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9	1,6
24	20,8	16,6	13,3	10,4	8,3	6,6	5,5	4,7	4,2	3,7	3,3	2,8



9.30



Daten der Kohlefaser-Rundstäbe und -Rohre

Specifications of carbon-fibre tubes and rods

Dichte <i>Density</i>	Faservolumenanteil <i>Fibre volume fraction</i>	Zugfestigkeit <i>Tensile strength</i>	Druckfestigkeit <i>Compressive strength</i>	Druck-E Modul <i>Compressive modulus</i>	Biege-E Modul <i>Flexural modulus</i>	Wärmeformbeständigkeit <i>Heat distortion temperature</i>	therm. Ausdehnungskoeffizient <i>Coefficient of thermal expansion</i>
g/cm ³	%	MPa	MPa	GPa	GPa	°C (Martens)	cm/cm/°C
1,55	ca. 65 <i>approx. 65</i>	1400	1200	125	130	ca.130 <i>approx. 130</i>	0,25 x 10 ⁻⁶

KOHLEFASER-RUNDSTÄBE

CARBON-FIBRE RODS

STRANGGEZOGENE VOLLSTÄBE

PULTRUDED SOLID RODS

Beschreibung

Description

- Hohe Steifigkeit und Festigkeit
- Geringes Gewicht

Pultrudierte Kohlefaserstäbe aus HT-Kohlenstofffasern (Hochfeste Faser T 300 oder äquivalent) und Epoxydharz werden aus einem Werkzeug kontinuierlich gezogen. Durch dieses Fertigungsverfahren sind die Fasern unidirektional, d.h. in Längsrichtung angeordnet. Dabei wird ein hoher Faser-Volumenanteil von 60 % bei sehr geringem Luftporengehalt erreicht.



- High rigidity and strength
- Low weight

Pultruded carbon-fibre rods of HT carbon fibres (T300 or equivalent) and epoxy resin are drawn continuously through a die. This production method causes the fibres to be oriented unidirectionally, i.e. along the length of the pultruded form. The result is a high fibre volume fraction of 60 % with a very low air voids content.

Durch die Endaushärtung außerhalb des Werkzeuges können geringe Toleranzen ($\pm 10\%$) hinsichtlich Durchmesser und Geradheit entstehen.

Final curing outside the die can give rise to slight deviations ($\pm 10\%$) in diameter and straightness.

Die Zug-, Druck- und Biegefestigkeit ist sehr hoch, die Torsionsfestigkeit geringer, da in diese Lastrichtung keine Fasern orientiert sind.

The tensile, compressive, and flexural strengths are very high, the torsional strength is lower owing to the absence of fibres oriented along this direction of loading.

Ab Lager lieferbare Längen: 1000 mm und 2000 mm

Stocked lengths: 1000 mm and 2000 mm.

Aufgrund der möglichen Toleranzen kann es erforderlich sein, den Durchmesser der Stäbe mit feinem Schleifpapier nachzuarbeiten, um eine optimale Passung mit den entsprechenden Rohren zu erreichen.

In face of the many possible tolerances, the optimal fit may be obtained only after the rod diameter has been slightly modified with fine abrasive paper.



Lieferbare Abmessungen

Available dimensions

Ø mm <i>Dia. mm</i>	ca. Gewicht g/m <i>Weighth (approx.) g/m</i>	Querschnitt ca. mm ² <i>Cross section (approx.) mm²</i>	Bestell-Nr. 1000 mm <i>Order no. 1000 mm</i>	Bestell-Nr. 2000 mm <i>Order no. 2000 mm</i>
0,3	0,1	0,07	600 045-1	---
0,5	0,3	0,20	600 050-1	---
0,7	0,6	0,38	600 055-1	---
1,0	1,1	0,79	600 060-1	---
1,2	1,2	1,13	600 065-1	---
1,3	1,5	1,33	600 070-1	---
1,5	2,7	1,77	600 075-1	600 075-2
2	4,85	3,14	600 080-1	600 080-2
2,5	6,06	4,90	600 085-1	---
3	10,90	7,07	600 090-1	600 090-2
4	19,39	12,57	600 095-1	600 095-2
5	30,27	19,63	600 097-1	600 097-2
6	43,63	28,27	600 100-5	600 100-6
8	77,56	50,27	600 105-4	600 105-5
10	121,19	78,54	600 110-4	600 110-4
12	174,51	113,10	600 115-5	600 115-6
14	237,53	153,94	600 125-5	600 125-6
16	310,24	201,06	600 130-5	600 130-6
18	392,65	254,47	600 135-5	600 135-6

Dickentoleranz: ± 10 % vom Nennwert
Thickness tolerance ± 10 % of rated value

KOHLEFASERROHRE

STRANGGEZOGENE ROHRE

Beschreibung

- **Hohe Steifigkeit und Festigkeit**
- **Geringes Gewicht**

Pultrudierte Kohlefaserrohre aus HT-Kohlenstoffasern (Hochfeste Faser T 300 oder äquivalent) und Epoxydharz werden aus einem Werkzeug kontinuierlich gezogen. Durch dieses Fertigungsverfahren sind die Fasern unidirektional, d.h. in Längsrichtung angeordnet. Dabei wird eine hoher Faser-Volumenanteil von 60 % bei sehr geringem Luftporengehalt erreicht.

Durch die Endaushärtung außerhalb des Werkzeuges können geringe Toleranzen ($\pm 10\%$) hinsichtlich Durchmesser und Geradheit entstehen.

Die Zug-, Druck- und Biegefestigkeit ist sehr hoch, die Torsionsfestigkeit geringer, da in diese Lastrichtung keine Fasern orientiert sind.

Werden pultrudierte Rohre als Führungen verwendet, empfiehlt es sich, die Rohrenden gegen Aufplatzen bei starker Belastung mit einer feinen Rovingwicklung zu verstärken oder eine Manschette z.B. aus Aluminiumrohr aufzukleben.

Ab Lager lieferbare Längen: 1000, 2000 und teilweise 3000 mm

CARBON-FIBRE TUBES

PULTRUDED TUBES

Description

- **High rigidity and strength**
- **Low weight**



Pultruded carbon-fibre tubes of high-tensile carbon fibres (T300 or equivalent) and epoxy resin are drawn continuously through a die. This production method causes the fibres to be oriented unidirectionally, i.e. along the length of the pultruded form. The result is a high fibre volume fraction of 60% with a very low air voids content.

Final curing outside the die can give rise to slight deviations ($\pm 10\%$) in diameter and straightness.

The tensile, compressive, and flexural strengths are very high, the torsional strength is lower owing to the absence of fibres oriented along this direction of loading.

When pultruded tubes are used as guides, one recommended procedure to protect the tube ends from splitting under high loads is either to wind a fine roving around or to glue a collar, e.g. of aluminium, to the tube ends to reinforce them.

Stocked lengths: 1000, 2000, and (when available) 3000 mm.





Lieferbare Abmessungen

Available dimensions

Innen- Ø mm <i>Internal dia. mm</i>	Außen- Ø mm <i>External dia. mm</i>	ca. Gewicht g/m <i>Approx. weight g/m</i>	Bestell-Nr. Länge 1000, 2000, teilweise 3000 mm <i>Order no. length 1000, 2000, (when available) 3000 mm</i>
1,9	3,1	3,70	605 075-1
2,5*	3,9	12,50	605 080-1 , 1 605 080-2
3,5*	4,9	15,50	605 085-1 , 605 085-2
4,0*	5,9	17,00	605 090-1 , 605 090-2
5,0*	6,9	28,00	605 095-1 , 605 095-2
6,0*	7,9	34,00	605 100-1 , 605 100-2
7,0*	8,9	37,00	605 102-1 , 605 102-2
8,0*	9,9	43,60	605 105-1 , 605 105-2
10,0	12,0	53,30	605 110-1 , 605 110-2
12,0	14,0	63,00	605 115-1 , 605 115-2
14,0	16,0	72,70	605 120-1 , 605 120-2
16,0	18,0	82,40	605 125-1 , 605 125-2
18,0	20,0	104,50	605 130-1 , 605 130-2
21,0	24,0	175,00	605 135-1 , 605 135-2
24,0	28,0	252,00	605 140-1 , 605 140-2
26,0	30,0	271,50	605 145-1 , 605 145-2, 605 145-3
36,0	40,0	356,00	605 150-1 , 605 150-2

* teleskopierbar, z.B. Rohr mit 7,9 mm Außen-Ø paßt in das Rohr mit 8 mm Innen- Ø. Toleranzen aller Rohre im Ø: $\pm 0,1$ mm

* *telescopic, e.g. tube with 7,9 mm external diameter fits into a tube with 8 mm internal diameter. Tolerances for all tube diameters: $\pm 0,1$ mm*

KOHLEFASERPLATTEN

TECHNISCH UND OPTISCH PERFEKTE CFK-PLATTEN

Beschreibung

- Hohe Steifigkeit und Festigkeit
- Geringes Gewicht (Dichte 1,55 g/cm³)

Sehr hochwertige, technisch und optisch perfekte CFK-Platten aus HTA-Kohlefaser (mit Luftfahrtzulassung) und einem luftfahrtzugelassenen, getemperten Epoxydharz. Faseranteil: ca. 50 Vol.-%, quasiisotroper Aufbau. Höchste Festigkeiten bei geringstem Gewicht. Beidseitig glatt mit hochglänzender Oberfläche.



Ultra high-quality, perfectly engineered and visually appealing CRP sheets of HTA carbon fibres and annealed epoxy resin, with both constituents approved for aviation. The fibre volume fraction is approx. 50% with a quasi-isotropic structure for the highest strengths coupled with the lowest weights. Both sides exhibit smooth, high-gloss surfaces.

CARBON-FIBRE SHEETS

PERFECTLY ENGINEERED AND VISUALLY APPEALING CRP SHEETS

Description

- High rigidity and strength
- Low weight (density 1.55 g/cm³)

Lieferbare Abmessungen

Available dimensions

Plattenstärke mm <i>Sheet thickness mm</i>	Breite mm <i>Width mm</i>	Länge mm <i>Length mm</i>	ca. Gewicht g/Platte <i>approx. weight g/sheet</i>	Bestell-Nr. <i>Order no.</i>
0,3	500	900	210	615 107-1
0,6	500	900	420	615 107-2
1,5	150	350	130	615 100-0
2	150	350	162	615 100-1
2,5	150	350	204	615 100-2
3,0	150	350	237	615 100-3
1,5	200	300	149	615 105-0
2	200	300	185	615 105-1
2,5	200	300	239	615 105-2
3,0	200	300	265	615 105-3

Als **Sonderanfertigung** sind **Dicken von 0,2 - 30 mm** sowie andere Abmessungen möglich.

Sonderpreisliste für **Design-Kohlefaserlaminat** (z.B. für die Zifferblattfertigung in der Uhrenindustrie) bei Bedarf bitte anfordern.

Special designs are possible with thicknesses of 0.2 - 30 mm as well as other dimensions.

Request our special price list for designer carbon-fibre laminates (e.g. for manufacturing timepiece dials in industry).

9.36

KOHLEFASERPLATTEN

AUS HT-KOHLEFASERPREPREGS

Beschreibung

Optimales Halbzeug für technische Anwendungen sowie für seidenmatter Designoberflächen mit attraktiver Carbon-optik.

Technische Daten

Hergestellt aus HT-Kohlefaserprepreg (daher praktisch luftblasenfreies Laminat), Epoxydharzmatrix, Faserorientierung 0°/90° (bidirektional), Faservolumenanteil 52-55 %, Decklagen 3K-Köper 2/2-Gewebe, Kernlagen 6K-Köper 2/2-Gewebe.



seidenmatte Oberfläche der Prepreg-Platte
Silk-mat surface of the prepreg sheet

Laminateneigenschaften

Biegefestigkeit: 0° = 1050 MPa, 90° = 990 MPa, **Biege-E-Modul:** 0° = 62 GPa, 90° = 60 GPa, **ILS:** 0° = 68 MPa, 90° = 70 MPa, **Zug-E-Modul:** 0° = 60 GPa, 90° = 60 GPa, **Zugfestigkeit:** 0° = 950 MPa, 90° = 900 MPa, **Bruchdehnung:** ca. 1,6 - 1,7 %, **Dichte:** 1,56 g/cm³, **Glasübergangstemperatur T_g** (Wärmeformbeständigkeit): ca. 115 °C.

Plattenformat ca. Länge 2000 mm, Breite 1000 mm.
Es sind auch 1/2 und 1/4 Platten lieferbar.
Stärken: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm.

Lieferbare Abmessungen

Andere Stärken, quasiisotrope und UD-Belegungen auf Anfrage lieferbar.

Plattenstärke mm Sheet thickness mm	Breite mm Width mm	Länge mm Length mm	ca. Gewicht kg/m ² approx. weight kg/m ²	Bestell-Nr. Order no.
0,3	2000	1000	0,47	615 129-8
0,6	2000	1000	0,94	615 130-8
1	2000	1000	1,56	615 131-8
2	2000	1000	3,12	615 132-8
3	2000	1000	4,68	615 133-8
4	2000	1000	6,24	615 134-8
5	2000	1000	7,80	615 135-8
6	2000	1000	9,36	615 136-8
7	2000	1000	10,92	615 137-8
8	2000	1000	12,48	615 138-8
9	2000	1000	14,04	615 139-8
10	2000	1000	15,60	615 140-8

CARBON-FIBRE SHEETS

OF HT CARBON-FIBRE PREPREGS

Description

The optimal semi-finished product for both engineering applications and silk-mat designer surfaces with a visually appealing carbon-fibre structure.

Specifications

HT carbon-fibre prepreg (i.e. a laminate virtually free of air bubbles), epoxy resin matrix, 0°/90° fibre orientation (bidirectional), 52-55% fibre volume fraction, overlays of 3k 2/2 twill-weave fabric, core layers of 6k 2/2 twill-weave fabric.

Laminate properties

Flexural strength 0° = 1050 MPa, 90° = 990 MPa; **flexural modulus** 0° = 62 GPa, 90° = 60 GPa; **ILS** 0° = 68 MPa, 90° = 70 MPa; **tensile modulus** 0° = 60 GPa, 90° = 60 GPa; **tensile strength** 0° = 950 MPa, 90° = 900 MPa; **elongation at break** approx. 1.6-1.7%; **density** 1.56 g/cm³; **glass transition temperature T_g** (heat distortion temperature) approx. 115 °C.

Sheet format: approx. length 2000 mm, width 1000 mm.
1/2 and 1/4 sheets are also available.
Thicknesses: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm.

Available dimensions

Other thicknesses, quasi-isotropic and unidirectional orientations on request.

GLASFASERPLATTEN

TECHNISCH UND OPTISCH PERFEKTE GFK-PLATTEN

Beschreibung

- Hohe Festigkeit
- Günstiger Preis

Sehr hochwertige, optisch und technisch perfekte GFK-Platten aus E-Glas-Gewebe und Epoxydharz. Beidseitig glatte Oberfläche. Dichte 1,8 - 1,9 g/cm³.

GLASS-FIBRE SHEETS

PERFECTLY ENGINEERED AND VISUALLY APPEALING GRP SHEETS

Description

- High strength
- Low price

Ultra high-quality, perfectly engineered and visually appealing GRP sheets of E glass fabric and epoxy resin. Smooth surfaces on both sides. Density 1.8-1.9 g/cm³.



Lieferbare Abmessungen

Available dimensions

Plattenstärke mm Sheet thickness mm	Breite mm Width mm	Länge mm Length mm	ca. Gewicht g/Platte approx. weight g/sheet	Bestell-Nr. Order no.
0,3	330	1000	183	620 115-2
0,3	330	2000	366	620 115-3
0,5	500	500	230	620 105-2
0,5	1000	1000	925	620 105-4
0,5	1000	2000	1850	620 105-5
2	150	350	223	620 100-1
2,5	150	350	257	620 100-2
3,0	150	350	311	620 100-3



FORMETAL®

WEICHGEGLÜHTES ALUMINIUM FÜR SCHNELLE ABFORMUNGEN

Beschreibung

- Leicht verformbar
- Sehr einfache Handhabung
- Mehrfach verwendbar
- Schnelle Abformungen möglich

Formetal wird weichgeglüht geliefert. Die Verformung läßt sich, auch per Hand, äußerst leicht vornehmen. Durch die Bearbeitung härtet Formetal dann automatisch etwas aus, so daß eine relativ stabile Form entsteht. Daraus hergestellte Formteile können z.B. mit Epoxyd- und Polyesterharzen und Glasgeweben beschichtet werden. Dabei verbleibt das Stützmaterial im Bauteil.

Soll das Formetal aus der GFK-Beschichtung herausgelöst werden, ist es erforderlich, die Oberfläche vor dem Beschichtungen z.B. mit Kunststoff-Packband oder anderer Folie dicht abzukleben.

Verarbeitung

Zum Ausglätten kann ein Gummi- oder Plastikhammer verwendet werden (Bild 1).

Zum Abnehmen bestehender Formen wird Formetal® über das abzunehmende Objekt gelegt und an allen Seiten nach unten gedrückt (Bild 2).

Es entstehen dabei Falten im Material (Bild 3). Anders als bei Lochblechen oder Streckmetallen kann Formetal® nun eingestaucht werden. Dazu drückt man die entstehenden Falten mit der Hand so zueinander, daß sich die Dreisternmusterungen ineinanderschieben (Bild 8 + 9).

Es verbleiben kleine spitz aufgeworfene Falten, welche nun mit einem weichen Hammer nach unten geschlagen werden können (Bild 10 + 11). Formetal® schiebt sich dabei wieder leicht auseinander. Sollte Formetal noch nicht überall am Objekt fest anliegen, werden neue „künstliche“ Falten aus dem Material herausgearbeitet. Diese kann man sehr leicht herstellen, indem man einen Finger unter Formetal® legt (Bild 4) und dies über den Finger faltet (Bild 5).

Für das Herstellen **freier Formen** kann, zur Zeitersparnis und Vereinfachung, eine bestehende ähnliche Form als grobe Formgebung genutzt werden. Nach dem Abnehmen dieser Grundform kann Formetal® nun mühelos mit der Hand in jede gewünschte freie Form gedrückt werden. Stauchungen bei freien Formen werden am leichtesten mit einer Zange, einem Schraubenzieher oder per Hand durch Zusammendrücken hergestellt (Bild 6, 7, 8, 9). Ein Amboss o.ä. ist dabei als Untergrund hilfreich. Das Strecken ist ebenfalls über einen Amboss oder durch Auseinanderziehen möglich.

Das Herstellen von Stauchungen ohne Unterkonstruktionen

Eine Möglichkeit ist das Zusammenpressen per Hand. Dazu wird Formetal® rechts und links einer Dreisternmusterung mit den Fingern fest zueinander gedrückt, so daß sich die Dreisternmuster ineinanderschieben (Bild 6). Es entsteht eine Rundung an der zusammengepreßten Stelle (Bild 7).

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Formetal® auf einem Tisch durch Drücken mit den Daumen „aufzuwerfen“ (Bild 8 + 9). Mittels Plastikhammer werden die Falten mit wenig Druck nach unten geschlagen. Dabei sollte darauf geachtet werden, daß die Falten nicht direkt von oben nach unten geschlagen werden, sondern leicht seitlich, so daß sich die Dreisternmuster nicht wieder auseinanderschieben (Bild 11).

FORMETAL®

SOFT-ANNEALED ALUMINIUM FOR FAST MOULDINGS

Description

- Easily mouldable
- Very easy handling
- Reusable
- For fast mouldings



Formetal® is delivered in a soft-annealed state and is extremely easy to mould into shape, also by hand. This mechanical processing automatically gives rise to curing in the Formetal® mould, resulting in a relatively rigid shape. Parts manufactured with these moulds can be coated, for example, with epoxy and polyester resins and glass fabrics. The core material then remains in the component.

When the Formetal® mould must be removed from its GRP layers, a plastic sealing tape or other film must first be applied to the surface before it is laid up.

Processing

To smoothen the surface, a plastic or rubber mallet can be used (Fig. 1)

Existing moulds are reproduced when the Formetal® is placed over the mould and pressed down on all sides (Figure 2).

This causes the material to crease (Figure 3). Unlike perforated plates or expanding metals, Formetal® can now be folded back into itself. The creases are pressed together by hand so that the three-pointed links move into each other (Figures 8 + 9).

What remains are small, sharp, upright creases that can now be beaten down with a soft hammer (Figures 10 + 11). This causes the Formetal® to move slightly apart. If the Formetal® then does not lie on the object at all points, new "artificial" creases are created out of the material, e.g. with a finger placed under the Formetal® (Figures 4 + 5).

The time and effort normally associated with **freehand moulds** can be minimised when an existing similar mould is used as a rough base. After preliminary shaping on this base mould the Formetal® can now be pressed effortlessly by hand into the required shape. The material for freehand moulds is best pushed together with a pair of pliers, a screwdriver, or the hands (Figures 6, 7, 8, 9). An anvil or similar instrument provides a useful base surface. Stretching the material is also possible on an anvil or with the hands.

Shaping Formetal® without a base surface

One method of pushing together the material is with the hands. The Formetal® is pressed firmly together with the fingers to the right and left of a three-pointed link so that the adjacent links move into each other (Figure 6). A bulge marks the place where the material has been pushed together (Figure 7). Alternatively, the Formetal® can be placed on a table where it is made to buckle under the pressure of the thumbs (Figures 8 + 9). These creases are then gently beaten down with a plastic hammer. It is important to note that the creases are not beaten down from above, but with a slight sideways movement. This prevents the three-pointed links from moving apart again (Figure 11).

Das Hineinpressen in Formen (z.B. Kotflügel, Abdeckungen etc.) kann per Hand oder mit einem Holzstück vorgenommen werden. Rückfederungen im Material werden durch nochmaliges Zusammenstauchen ausgeglichen.

Abmessungen:

Dicke 0,5 mm, Gewicht ca. 700 g/m², Bestell-Nr. 630 105-X

Dicke 0,8 mm, Gewicht ca. 900 g/m², Bestell-Nr. 630 108-X

Dicke 1,2 mm, Gewicht ca. 1100 g/m², Bestell-Nr. 630 112-X

Länge 0,5, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100 m gerollt

Formetal® can be pressed into moulds (e.g. mudguards, covers, etc.) with the hands or a piece of wood. The material is repeatedly pressed together to counteract resilience.

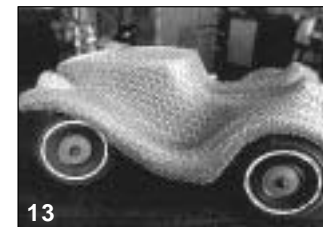
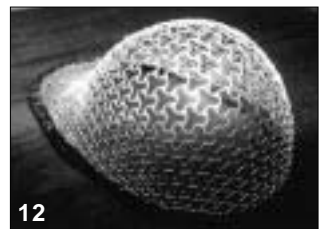
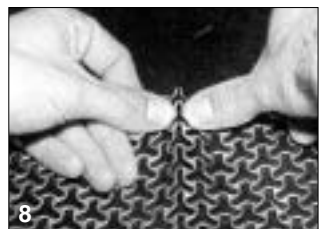
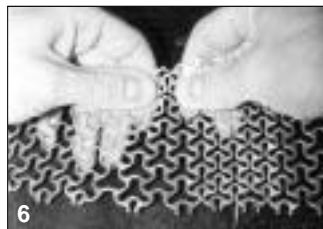
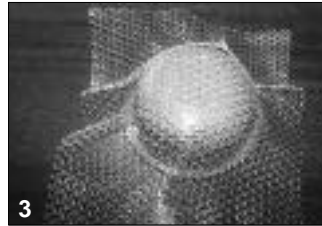
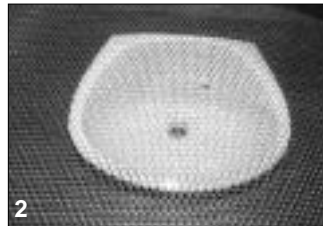
Dimensions:

Thickness 0,5 mm, weight approx. 700 g/m², Order no. 630 105-X

Thickness 0,8 mm, weight approx. 900 g/m², Order no. 630 108-X

Thickness 1,2 mm, weight approx. 1100 g/m², Order no. 630 112-X

Length 0,5, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100 m rolls



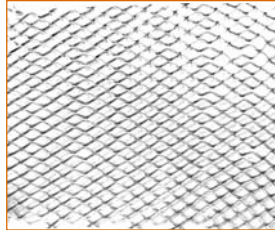
FLEXMETAL®

WEICHES ALUMINIUM-STRECKMETALL FÜR SCHNELLE ABFORMUNGEN

Beschreibung

- Leicht verformbar
- Sehr einfache Handhabung
- Dehnbar in alle Achsen
- Schnelle Abformungen möglich

Flexmetal® ist ein neues Streckmetall mit Sollbruchstellen. Auf diesen Sollbruchstellen basiert auch das angemeldete Patent. Die Verformung läßt sich, auch per Hand, sehr leicht vornehmen. Im Gegensatz zu „normalem“ Streckmetall läßt sich Flexmetal® leicht in alle Richtungen um über 50 % dehnen. Es entsteht ein enormer Flächengewinn und die Möglichkeit eines dreidimensionalen Arbeitens. Das gedehnte (gestreckte) Flexmetal® läßt sich dann einfach zusammenschieben (stauchen). Bedingt durch den Stauch- und Streckeffekt kann mit Flexmetal® nahezu jede große und kleine Form hergestellt, abgeformt oder geschaffen werden.



Anwendungsgebiet

Idealerweise wird Flexmetal® zum Herstellen von Formen, Figuren, Modellen, Prototypen etc. verwendet, wenn diese vorzugsweise mit anderen Materialien wie z.B. Harze und Glasfasern, Gips, Bespannstoffen etc. abgedeckt werden.

Verarbeitung

Beim Ziehen an Flexmetal® hört man ein Knistern, wenn die Sollbruchstellen aufgehen. Dadurch verlängert sich Flexmetal in die gezogenen Richtung. Sollte sich die andere Achse dabei etwas einschnüren, kann diese ebenfalls wieder in die Ausgangsposition zurückgezogen werden. Um z.B. ein Objekt abzuformen ist es am einfachsten, Flexmetal® erst einmal über die Form zu ziehen. Danach kann es an den entstandenen Falten zusammengeschoben werden, so daß die Form exact abgebildet und die Oberfläche glatt wird. Leichte Aufwerfungen lassen sich durch die Obermaterialien (z.B. eine GFK-Beschichtung) ausgleichen.



Abmessungen:

Dicke 0,4 mm, Maschenweite 6 x 4 mm, Gewicht ca. 391 g/m²,
Breite 60 cm,
Bestell-Nr. 630 120-X

Dicke 0,8 mm, Maschenweite 10 x 8 mm, Gewicht ca. 520 g/m²,
Breite 100 cm,
Bestell-Nr. 630 125-X

Länge 0,5, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50 m gerollt

FLEXMETAL®

SOFT EXPANDING ALUMINIUM FOR FAST MouldING

Description

- Easily mouldable
- Very easy handling
- Expands along all axes
- For fast mouldings

Flexmetal® is a new expanding metal with predetermined breaking points (patent pending). Flexmetal® can be shaped very easily, also by hand. In contrast to customary expanding metals, Flexmetal® expands easily in all directions by over 50%. The result is an enormous gain in area - and the possibility of three-dimensional structures. Expanded Flexmetal® can then simply be pushed back again. Flexmetal® can be used to manufacture, reproduce, or create virtually any large or small moulds within the limits of its workability.

Range of applications

Flexmetal® is ideal for manufacturing moulds, figures, models, prototypes, etc., when these are laid up predominantly with other materials such as resins and glass fibres, plaster, lining materials, etc.

Processing

Stretching Flexmetal® gives rise to an audible crackling when the predetermined breaking points activate. As a result, Flexmetal® expands in the direction of stretching. If the other axis should constrict a little, then this too can be pulled out to the original state. The simplest method to reproduce an object involves first drawing the Flexmetal® over the mould. The creases can then be pushed together until there is an exact reproduction of the mould with smooth surfaces. Slight buckling can be balanced out with the following lay-up materials (e.g. of GRP).

Dimensions

Thickness 0.4 mm, mesh size 6 x 4 mm, weight approx. 391 g/m²,
width 60 cm
Order no. 630 120-X

Thickness 0.8 mm, mesh size 10 x 8 mm, weight approx. 520 g/m²,
width 100 cm,
Order no. 630 125-X

Length 0.5, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50 m rolls



AUSWAHLHILFE

SELECTION CHART

NACH EINSATZGEBIETEN FÜR FORMETAL® UND FLEXMETAL®

ACCORDING TO FIELDS OF APPLICATION FOR FORMETAL® AND FLEXMETAL®

FORMETAL®	FLEXMETAL®
Perfekte dreidimensionale Oberflächen <i>Perfect three-dimensional surfaces</i>	Dreidimensionale Oberflächen leicht und schnell erstellt <i>Three-dimensional surfaces created quickly and easily</i>
Optimales Preis-Leistungsverhältnis <i>Optimal price-performance ratio</i>	Günstiges Material <i>Low-priced material</i>
Hohe Zeitersparnis gegenüber herkömmlichen Methoden, somit auch finanzielle Ersparnis <i>Large time saving compared with conventional methods, so financial saving</i>	Hohe Zeitersparnis gegenüber herkömmlichen Methoden, somit auch finanzielle Ersparnis. <i>Large time saving compared with conventional methods, so financial saving.</i>
Schöne Optik für perfektes Design. Die ganz besondere Metallstruktur. <i>Attractive appearance for perfect design. That quite special metal structure</i>	Interessantes metallisches Design <i>Interesting metallic design</i>
Freundliches und sympatische Erscheinungsbild. <i>Friendly and appealing visual effects</i>	Bekannte, vertraute Optik <i>Familiar, well known appearance</i>
Interessante Oberflächenmusterung <i>Interesting surface patterns</i>	Interessante Oberflächenmusterung <i>Interesting surface patterns</i>
Unterschiedlich feste Strukturen möglich <i>Structures of different strengths possible</i>	Unterschiedlich feste Strukturen möglich <i>Structures of different strengths possible</i>
Leicht per Hand zu verarbeiten <i>Easy to process by hand</i>	Äußerst leicht per Hand zu verarbeiten <i>Extremely easy to process by hand</i>
Leichtes Material <i>Lightweight material</i>	Sehr leichtes Material <i>Very lightweight material</i>
Nicht brennbar <i>Non-flammable</i>	Nicht brennbar <i>Non-flammable</i>
Optimal für Innen- und Außenbereiche <i>Optimal for indoor and outdoor applications</i>	Optimal für Innen- und Außenbereiche <i>Optimal for indoor and outdoor applications</i>
Ideales Lehrmittel für die Dreidimensionalität <i>Ideal training aids for three-dimensional structures</i>	Ideales Lehrmittel für die Dreidimensionalität <i>Ideal training aids for three-dimensional structures</i>
Angenehmes, haptisches Empfinden der Oberfläche <i>Pleasant tactile sensation of surface</i>	Oberfläche etwas rauher <i>Surface somewhat rougher</i>
Nacharbeiten der Oberflächenstruktur nicht erforderlich. Im Design- und Dekorationsbereich sichtbar einsetzbar. <i>Surface structure does not need finishing, applications include exposed design and decorative elements</i>	Oberfläche ist etwas rauher und wird idealerweise mit anderen Materialien wie Glasfasern, Gipse, Harze, etc. abgedeckt. <i>Surface is somewhat rougher and is ideally covered with other materials such as glass fibres, plasters, resins, etc.</i>
Nur geringer Flächengewinn beim Strecken. <i>Drawing gains only little area</i>	Großer Flächengewinn durch hohe Längs- und Seitendehnung <i>High lateral and longitudinal elongation for large gains in area</i>
Direktes Stauchen durch Ineinanderschieben der Dreiersternmusterungen an jeder Stelle möglich. <i>Simply pushing together the three-pointed links directly compresses the shape at this point.</i>	Stauchen durch Zusammenschieben der zuvor gesteckten Musterung an jeder Stelle möglich. <i>Simply pushing together the three-pointed links directly compresses the shape at this point.</i>

FORMETAL®	FLEXMETAL®
<p>Strecken durch Auseinanderziehen der Dreisternmusterungen an jeder Stelle möglich. <i>Conversely, pulling apart the three-pointed links at any point stretches the shape</i></p>	<p>Strecken durch Auseinanderziehen der Musterungen an jeder Stelle möglich. <i>Conversely, pulling apart the links at any point stretches the shape</i></p>
<p>Momentan eine Strukturgröße lieferbar <i>One structural size available at present</i></p>	<p>Unterschiedliche Strukturgrößen lieferbar <i>Various structural sizes available</i></p>
<p>Lieferung in Alu <i>Aluminium design available</i></p>	<p>Lieferung in Alu (Stahl und Kupfer möglich) <i>Aluminium design available (steel and copper possible)</i></p>
<p>FAZIT: <i>CONCLUSION</i></p>	<p>FAZIT: <i>CONCLUSION</i></p>
<p>Das optimale Material zum einfachen Herstellen aller Dreidimensionalitäten mit einer perfekten und schönen Oberfläche. Besonders ideal für alle optisch relevanten Anwendungsbereiche wie Design, Dekorationen, etc.</p> <p><i>The optimal material for the simple manufacture of all three-dimensional structures with a perfect and aesthetic surface, particularly ideal for all applications involving visual appeal, e.g. design, decorations, etc.</i></p>	<p>Das perfekte Material zum schnellen und leichten Herstellen von allen Dreidimensionalitäten, welche vorzugsweise mit anderen Materialien abgedeckt werden. Besonders ideal für den Figurenbau, Formenbau, Prototypenbau, Modellbau, Landschaftsbau, etc.</p> <p><i>The perfect material for the fast and simple manufacture of all three-dimensional structures that are mostly covered with other materials, particularly ideal for the design of figures, moulds, prototypes, models, landscape projects, etc.</i></p>
<p>Größte FORMTREUE <i>Maximum FAITHFULNESS TO FORM</i></p>	<p>Höchste FLEXIBILITÄT <i>Maximum FLEXIBILITY</i></p>



Hauptbegriffe Category	Unterbereiche Field	FORMETAL®	FLEXMETAL®
Kfz Automobiles	Rennwagenleichtbau (Sicherheitsfahrgastzellen etc.) <i>Lightweight racing cars (safety occupant cells, etc.)</i>	0	X
	Reparatur von Unfallschäden (z.B. in Verbindung mit Glasfasern ect.) <i>Repairs to accident damage (e.g. in connection with glass fibres, etc.)</i>	0	X
	Herstellung und Veränderung von Teilen (nicht existente Teile von alten Autos, Sitze, Innenverkleidungen ect.) <i>Manufacture and modification of parts (parts no longer available for old cars, seats, interior panelling, etc.)</i>	0	X
	Einpassen von Teppichen etc. in Prototypen <i>Fitting of carpets, etc., in prototypes</i>	X	X
	Prototypenbau, Design <i>Prototype construction, design</i>	0	X
	Trägermaterial für Katalysatoren etc. <i>Substrates for catalysers, etc.</i>	0	X
	Oldtimerrestauration <i>Restoration of vintage cars</i>	0	X
	Fanggitter für Rennstrecken <i>Safety fences for racetracks</i>	X	X
	Abtasten von Unfallschäden <i>Scans for accident damage</i>	0	X
	Abnehmen von bestehenden Formen <i>Duplication of existing moulds</i>	0	X
Modellbau Model constr.	Schiffs-und Flugzeugrümpfe <i>Hulls and fuselages</i>	0	X
	Kleinteile <i>Small parts</i>	0	X
	Landschaftsbau <i>Landscape design</i>	0	X
	Karossen <i>Bodies</i>	0	X
	Schiff Ship	Versuchsschiffe <i>Test ships</i>	0
	Innenverkleidungen <i>Interior panelling</i>	0	X
	Leichtbauweise <i>Lightweight constructions</i>	0	X
	Verstärkungen, Bewehrungen <i>External and internal reinforcement</i>	0	X
	Herstellen von Sicherheitsfahrgastzellen <i>Safety occupant cells</i>	0	X

X = besonders geeignet / ideal

0 = bedingt geeignet / restricted suitability

HALBZEUGE SEMI-FINISHED PRODUCTS

Hauptbegriffe Category	Unterbereiche Field	FORMETAL®	FLEXMETAL®
Luftfahrt <i>Aviation</i>	Herstellung von Leichtbauteilen <i>Lightweight components</i>	0	X
	Innenverkleidungen <i>Interior panelling</i>	0	X
Industrie <i>allgemein</i> Industry <i>general</i>	Kunststoffindustrie (Formenfindung, Bewehrungen, Verstärkungen etc.) <i>Plastics industry (mould design, internal and external reinforcement, etc.)</i>	0	X
	Chemische Industrie (Sandwichbauweisen mit Glas- und Koholefasern etc.) <i>Chemical industry (sandwich constructions with glass and carbon fibres, etc.)</i>	0	X
	Elektrotechnik, Elektronik (Trägermaterial etc.) <i>Electrical engineering, electronics (substrates, etc.)</i>	0	X
	Arbeitsschutz <i>Industrial safety</i>	X	X
	Stoß-, stich- und schußsichere Westen etc. <i>Impact-absorbing, stab-proof and bulletproof vests, etc.</i>	X	X
	Herstellung von Kinderspielzeug und Spielen <i>Children's toys and games</i>	0	X
	Filterherstellung <i>Filters</i>	0	X
	Dreidimensionale Abdeckungen und Verkleidungen aller Art <i>Three-dimensional covers and panelling of all kinds</i>	X	0
Formenbau <i>Mould constr.</i>	Groß- und Kleinformen <i>Large and small moulds</i>	0	X
	Prototypenbau <i>Prototypes</i>	0	X
	Figurenbau <i>Design of figures</i>	0	X
	Herstellung von Schaufensterpuppen <i>Mannequins</i>	0	X
	Karnevalswagen <i>Carnival floats</i>	0	X
	Freizeitparkgestaltung <i>Leisure park design</i>	0	X
	Landschaftsbau <i>Landscape planning</i>	0	X
	Anpassung an Formen (auch Perücken, Pferdesättel etc.) <i>Adjustments to moulds (also for wigs, saddles for horses, etc.)</i>	0	X
	Abnehmen von bestehenden Formen <i>Duplication of existing moulds</i>	0	X
	Haptische und optische Unterstützung bei der Formenfindung per Computer <i>Tactile and visual aids for computer-assisted mould design</i>	X	0

X = besonders geeignet / *ideal*

0 = bedingt geeignet / *restricted suitability*

9.46



Hauptbegriffe Category	Unterbereiche Field	FORMETAL®	FLEXMETAL®
Medizin <i>Medicine</i>	Rollstuhlsitze <i>Wheelchair seats</i>	0	X
	Arm- und Fußschienen <i>Arm and foot splints</i>	0	X
	Abnehmen von Fußabdrücken für z.B. Schuheinlagen, etc. <i>Moulding of footprints for e.g. insoles, etc.</i>	0	X
	Atmungsfähige Einlagen <i>Breathable inserts</i>	0	X
	Gipsverbände <i>Plaster casts</i>	0	X
	Implantate <i>Implants</i>	X	X
	Individuelle Formen Anpassung an menschliche Formen <i>Individual mould adjustments to the human body</i>	0	X
Design <i>Design</i>	Industriedesign (Lampen, Möbel, Abdeckungen, Phantasieformen, etc.) <i>Industrial design (lamps, furniture, covers, fantastic forms, etc.)</i>	X	0
	Aktiondesign (Veränderung im Material kann für besondere Aktionen genutzt werden) <i>Promotion design (material can be modified for special promotions)</i>	X	X
	Innendesign (Läden, Diskoteken, Banken, Messen, etc.) <i>Interior design (shops, discotheques, banks, trade fairs, etc.)</i>	X	0
	Allgemeine Formenfindung <i>General mould design</i>	0	X
	Abnehmen bestehender Formen <i>Duplication of existing moulds</i>	0	X
	Möbel- und Lampenbau <i>Furniture and lamp design</i>	X	X
	Herstellung von dreidimensionalen Abdeckungen und Verkleidungen <i>Manufacture of three-dimensional covers and panelling</i>	0	X
	Innenausbau <i>Interior work</i>	0	X
	Modedesign (Kleider, Bühnenkostüme, Fetischmode, Hüte, Taschen, etc.) <i>Fashion design (dresses, stage costumes, fetishism, hats, bags, etc.)</i>	X	0
	Verpackungsdesign <i>Package design</i>	X	X

X = besonders geeignet / *ideal*

0 = bedingt geeignet / *restricted suitability*

HALBZEUGE SEMI-FINISHED PRODUCTS

Hauptbegriffe Category	Unterbereiche Field	FORMETAL®	FLEXMETAL®
Architektur <i>Architecture</i>	Design <i>Design</i>	X	0
	Erlebnisbereiche (Bäderbau, Freizeitparks) <i>Adventure projects (public baths, leisure parks)</i>	0	X
	Großformenbau <i>Large moulds</i>	0	X
	Figurenbau <i>Design of figures</i>	0	X
	Dekorationen aller Art <i>Decorations of all kinds</i>	0	X
	Einrichtung und Gestaltung von Läden, Diskotheken, Gastronomie, etc. <i>Furnishing and layout of shops, discotheques, catering establishments</i>	X	X
	Messebau <i>Trade fair design</i>	X	0
	Trägermaterial für Gipse, etc. <i>Substrates for plasters, etc.</i>	0	X
	Runde Gauben, gerundete Ecken, Oberlichter, Dächer, etc. <i>Round dormers, rounded corners, skylights, roofs, etc.</i>	0	X
	Sonderkonstruktionen <i>Special design</i>	X	X
	Abgehängte Decken, Deckenkonstruktionen <i>Suspended ceilings, roof structures</i>	X	0
	Lüftungsabdeckungen, Kälte- und Klimatechnik <i>Ventilator covers, refrigeration engineering and air conditioning</i>	0	X
	Schallschutz <i>Soundproofing</i>	0	X
	Heizkörper- und Rohrverkleidungen <i>Radiator panelling, pipe cladding</i>	X	0
	Modellbau <i>Model construction</i>	0	X
	Duplizieren bestehender Formen <i>Duplication of existing moulds</i>	0	X

X = besonders geeignet / *ideal*

0 = bedingt geeignet / *restricted suitability*

Hauptbegriffe <i>Category</i>	Unterbereiche <i>Field</i>	FORMETAL®	FLEXMETAL®
Ausbildung <i>Training</i>	Formendarstellung <i>Mould depictions</i>	X	X
	Klempnerei <i>Plumbing</i>	0	X
	Kfz <i>Automobiles</i>	0	X
	Oldtimer <i>Vintage cars</i>	0	X
	Schulen <i>Schools</i>	0	X
	Kindergärten <i>Nursery schools</i>	0	X
	Behindertenwerkstätten <i>Sheltered workshops</i>	0	X
	Therapien <i>Therapies</i>	X	X
Dekoration <i>Decorations</i>	Groß- und Kleindekorationen <i>Large-scale and small-scale decorations</i>	X	0
	Ladenbau <i>Shop design</i>	X	0
	Messebau <i>Trade fair design</i>	X	0
	Inneneinrichtungen <i>Interior furnishing</i>	X	0
	Schaufenstergestaltung <i>Window dressing</i>	X	0
	Floristen (Einfädeln von Pflanzen und Blumen) <i>Florists (for tying plants and flowers)</i>	X	0
	Landschaftsbau <i>Landscape design</i>	0	X
	Bühnendekoration, Bühnenbild <i>Stage decorations, stage design</i>	X	0
	Film,- Fernseh, und Theaterkulissen <i>Film, TV studio, and stage sets</i>	X	0
	Food-Deko (z.B. mit Teig einstreichen und zusammen im Ofen aushärten) <i>Model food (e.g. as substrate for dough baked together in an oven)</i>	0	X

X = besonders geeignet / *ideal*

0 = bedingt geeignet / *restricted suitability*

HALBZEUGE SEMI-FINISHED PRODUCTS

Hauptbegriffe Category	Unterbereiche Field	FORMETAL®	FLEXMETAL®
Kunst <i>Art</i>	Bildhauer (Plastiken, Skulpturen, etc.) <i>Sculpture (plastic art, etc.)</i>	0	X
	Künstler (Kollagen, etc.) <i>Artists (collage work, etc.)</i>	X	X
	Fotografie <i>Photography</i>	X	X
	Gestaltung von Lichteffekten <i>Light effects</i>	X	X
Marketing <i>Marketing</i>	Ausstattung und Gestaltung von Events <i>Furnishing and arrangement of events</i>	X	X
	Erlebnisevent <i>Adventure event</i>	X	X
	Schilderherstellung <i>Labels and signs</i>	0	X
	Firmendarstellungen und -auftritte <i>Corporate presentations</i>	X	0

X = besonders geeignet / *ideal*

0 = bedingt geeignet / *restricted suitability*



KAPITEL 10

CHAPTER 10

INHALT CONTENTS

S.10.02 Zubehör zum Formenbau
S.10.04 Oberflächenbearbeitung
S.10.06 Zubehör zur Oberflächen-
bearbeitung
S.10.10 Dosieren-Mischen-Pinsel
S.10.12 Dosieren und Mischen
S.10.14 Pinsel und Werkzeuge
S.10.17 Scheren
S.10.18 Scheren und Messer
S.10.21 Arbeitsschutz und Hautschutz

S.10.02 Accessories for mould construction
S.10.04 Important information
S.10.06 Accessoires for surface
treatment
S.10.10 Dosing-mixing-brushing
S.10.12 Dosing and mixing
S.10.14 Brushes and tools
S.10.17 Shears
S.10.18 Shears and knives
S.10.21 Industrial safety and
skin protection

ZUBEHÖR ZUM FORMENBAU

Paßdübel

R&G Paßdübel (auch Rillendübel genannt) bestehen aus Messingbuchse und Messingzapfen. Sie werden beim GFK-Formenbau entlang der Kante mit eingedicktem Harz (Glasfaser 3 mm/ Baumwollflocken) eingeklebt. Der Abstand beträgt etwa 30 cm. Paßdübel gewährleisten eine genaue Passung der Negativ-Halbschalen aufeinander.

Außen-Ø 8 mm, Zapfen-Ø 6 mm.

Für Formen, in denen mittels Folie ein Vakuum erzeugt wird, empfehlen wir die herausnehmbaren Paßstifte.

Packungsgrößen 10 und 100 Paar
Bestell-Nr. 305 115-X

Paßstifte

Rillendübel, bestehend aus zwei Messingbuchsen und einem herausnehmbaren Messingzapfen.

Herkömmliche Paßdübel haben den Nachteil, daß auf einer Formhälfte immer ein Dübel aufsteht. Dies ist manchmal hinderlich beim Beschneiden der Lamine und beim Reinigen der Form.

In jedem Fall wird es problematisch, wenn die Form im Vakuum eingesetzt wird; entweder läßt sich die Folie am Rand nicht sauber aufkleben, oder es besteht die Gefahr, daß Foliensäcke beschädigt werden (Löcher!).

Mit entnehmbaren Paßstiften lassen sich diese Schwierigkeiten vermeiden.

Verarbeitung

Die Messinghülse hat einen Kragen, der als Klebehilfe gedacht ist. Mit einem Tropfen Sekundenkleber wird das Teil auf dem Trennbrett fixiert. Da die Hülse keine durchgehende Bohrung aufweist, in die Harz einlaufen könnte, kann direkt darüber laminiert werden.

Nach dem Abnehmen der ersten Formhälfte vom Trennbrett wird der Messingdorn eingeführt, eine weitere Hülse aufgesteckt und die zweite Seite laminiert.

Packungsgrößen 10, 50, 100 Stück
Bestell-Nr. 305 140-X

ACCESSORIES FOR MOULD CONSTRUCTION

Alignment dowels

R&G dowels (also called grooved dowels) consist of a brass bush and brass pin. When used to make GRP moulds, they are placed along the edge and coated with inspissated resin (3 mm glass fibres and cotton flock). The distance between the dowels is about 30 cm. Alignment dowels ensure that the female shells fit together precisely.

External diameter 8 mm, pin diameter 6 mm.

When mould construction uses a film for generating a vacuum, we recommend the removable alignment pins.

Packaged quantities: 10 and 100 pairs
Order no. 305 115-X

Alignment pins

These are grooved dowels consisting of two brass bushes and a removable brass pin.

The drawback associated with conventional alignment dowels is that the dowel always projects from one of the mould halves. In some cases, this can make cutting the laminates and cleaning the mould awkward.

And problems always occur when the mould is used in vacuum: either the film does not adhere properly to the edge, or there is a risk of damage to the film bubbles (holes).

These difficulties can be prevented when removable alignment pins are used.

Processing

The brass bush has a collar intended as a gluing aid. Only one drop of superglue is needed to fix the part in place on the parting board. The bush does not have any through holes for resin to enter, so the laminates can be applied directly.

After the first mould half has been removed from the parting board, the brass pin is inserted, another bush put on, and the second side laminated.

Packaged quantities: 10, 50, 100 pcs
Order no. 305 140-X



Fix-A-Form

Dreiteilige Formverschraubung zum schnellen Verschließen mehrteiliger Formen.

Ein exactes Aufeinanderpressen der Formhälften ist Voraussetzung für eine gleichmäßig schmale Naht. Vor allem bei unsymmetrischem Schichtaufbau können sich GFK-Formen leicht verziehen. Die Biegung beträgt meist ca. 2 - 3 mm pro Meter und führt zu einer entsprechend breiten Naht.

Durch eingearbeitete Verschraubungen nahe der Formkante läßt sich diese Ungenauigkeit durch Zusammenpressen der Formhälften ausgleichen.

Der Abstand zwischen den Verschraubungen beträgt 20 - 30 cm (siehe Anleitung Kapitel 1 Formenbau).

Fix-A-Form 3-teilig besteht aus:

Gewindestück 12 x 12 mm M 6
Durchgangsstück 12 x 12 mm, Bohrung 6,1 mm
Innensechskant-Schraube M 6 x 30 8.8 galvanisch verzinkt

Jedes Set enthält 1 Sechskantschlüssel.

Packungsgrößen 6 und 12 Stück
sowie Gewindestücke, Durchgangsstücke
und Schrauben in 50, 100 und 1000 Stück-Packungen
Bestell-Nr. 305 130-X, 305 136-X, 305 137-X, 305 138-X



Fix-A-Form

Three-part mould screw union for quickly sealing split moulds. The mould halves must be pressed exactly against one another in order to present a seam of uniform narrowness. GRP moulds tend to warp especially when the layered structure is asymmetrical. In most cases, this warpage is measured at approx. 2–3 mm per metre, causing the seam to widen by the corresponding amount.

This imprecision can be compensated for when screw unions incorporated near the edge of the mould are used to press together the mould halves.

The distance between the screw unions is 20–30 cm (see the instructions in Section 1 mould construction).

Three-part Fix-A-Form consisting of:

*M6 union 12 x 12 mm,
insert 12 x 12 mm, bore 6.1 mm,
M6 Allen screw 8.8 x 30, galvanised*

Every set includes one Allen key.

*Packaged quantities: 6 and 12 pcs
incl. unions, inserts
and screws in packs of 50, 100, and 1000 pcs.
Order nos. 305 130-X, 305 136-X, 305 137-X, 305 138-X*

Modelliermasse

Plastische, nicht aushärtende oder austrocknende Modelliermasse. Ab 25 kg Mindestbestellmenge sind auch andere Farben lieferbar, z.B. Braun, Rot und Grün. Geeignet zum Schließen von Trennbrettfugen im Formenbau, zum Abformen von Beschlägen und zum Modellieren.

Die Masse ist bei Raumtemperatur so fest, daß sich z.B. Pinselstriche beim vorsichtigen Auftragen von Trennmittel nicht eindrücken.

Verarbeitung

Zur Verarbeitung werden kleine Stücke von Hand geknetet, wobei die Masse geschmeidig wird und sich mit den Fingern in die Trennbrettfuge eindrücken läßt.

Eine saubere Oberfläche wird durch Abziehen mit einem Messer oder einer Spachtel erreicht.

Als Trennmittel auf Modelliermasse eignen sich alle R&G-Produkte. Wachsfilm dürfen allenfalls mit einem weichen Pinsel poliert werden, da sonst eventuell die Plastilin-Oberfläche beschädigt wird. Empfehlenswert ist auch hier die Kombination Grundierwachs und Folientrennmittel (Produktbeschreibung Seite 140).

Reste lassen sich mit verschiedenen Lösemitteln entfernen (z.B. R&G Lösemittel, Bestell-Nr. 130 145-1).

Packungsgrößen 500 g, 1 kg
Farbe: blau, Bestell-Nr. 310 100-X
Farbe: beige, Bestell-Nr. 310 110-X



Modelling compound

Plastic, non-curing, and non-drying modelling compound. For ordered quantities from 25 kg, other colours are also available, e.g. brown, red, or green. Suitable for sealing parting board seams in mould construction, for casting fittings, and for modelling.

At room temperature the compound is so firm that e.g. brush strokes cannot press into the surface when release agent is carefully applied.

Processing

Processing involves kneading small quantities by hand until the compound becomes workable and can be pressed into the parting board seam with the fingers.

Cutting off the excess with a knife or trowel leaves a clean surface.

All R&G products are suitable as release agents on modelling compounds. If necessary, wax films may be polished as a protective measure against any damage to the plasticine surface. Here too, we recommend the combination of priming wax and film release agent (see page 140 for a description of the product).

Residue can be removed with various solvents (e.g. R&G solvent, order no. 130 145-1).

*Packaged quantities: 500 g, 1 kg
Colour: blue, order no. 310 100-X
Colour: beige, order no. 310 110-X*

OBERFLÄCHENBEARBEITUNG

Zur Politur matter bzw. mattgeschliffener GFK-Oberflächen werden Polierpasten unterschiedlicher Feinheit verwendet.
Die Verarbeitung erfolgt bei Hartwachsen maschinell mittels Schwabbelscheiben, bei Pasten von Hand oder mittels Polierpad.

Silicon

Produkte für den Flugzeugbau dürfen kein Silicon enthalten, da dieses Öl eine besonders glatte Oberfläche erzeugt, die zum Strömungsabriß führen kann.

Poliermittel von R&G sind aus diesem Grunde siliconfrei, enthalten jedoch als Bindemittel Paraffine und Stearat. Beim Schwabbeln von Formen ist zu bedenken, daß sich diese Bestandteile auf die Formoberfläche übertragen. Darauf aufgetragene Trennmittel (Wachse) können nur schlecht haften und werden unter Umständen beim Polieren vollständig ausgerieben.

Als Abhilfe empfiehlt sich in diesem Fall ein vorheriges Ausreiben der Form mit einem geeigneten Lösemittel (z.B. Reinigungsbenzin, Aceton etc.).

Alternativ kann mit der Kombination Grundierwachs/Folientrennmittel gearbeitet werden, die auch auf schlecht benetzbaren Untergründen einwandfrei funktioniert (siehe Seite 140).

Lackierungen

Geschliffene Oberflächen sollten zunächst lackiert und erst nach guter Durchhärtung der Farbe poliert werden.

Verwitterte Lacke und Deckschichten (Gelcoats) können erneut glänzend aufpoliert werden. Im Gegensatz zu vielen anderen Pflegeprodukten, vor allem aus dem Kfz-Bereich, ist der Glanz dauerhaft, da er auf einer Verminderung der Oberflächenrauigkeit beruht. Das Prinzip ist vergleichbar mit dem Hochglanzpolieren von Metallen (Goldschmuck, Bestecke etc.).

Schwabbeltypen

Weitgehend ebene Flächen werden mit dem Winkelschleifer und einer **Schaumstoffscheibe** (Polierpad) und flüssigen Poliermitteln (Polierpaste, Polieremulsion) poliert. Große Flächen können sehr zügig bearbeitet werden.

Schwabbelscheiben eignen sich für kleinere Flächen und kompliziertere Bauteile. Das Hartwachs (Schleif-, Polier- und Glanzkomposition) wird gegen die rotierende Scheibe gedrückt, bis diese genügend Wachs aufgenommen hat. Dann wird die Schwabbel frei über das Werkstück geführt. Da beim Polieren Reibungswärme entsteht, sollte nicht zu lang auf einer Stelle poliert werden.

Kleine Teile lassen sich bearbeiten, indem Bohrmaschine und Schwabbel stationär in einem Stativ befestigt werden. Das Werkstück wird gegen die Schwabbel gedrückt.

IMPORTANT INFORMATION

*Polishing matt or matt-ground GRP surfaces requires polishing pastes with various degrees of fineness.
Hard waxes are applied with machine-powered buffing wheels, pastes by hand or with polishing pads.*

Silicone

Products for aircraft construction must not contain silicone because this oil generates a particularly smooth surface that can cause stalling.

For this reason, all polishing agents from R&G are free of silicone, but they do contain paraffins and stearate as binders. When moulds are buffed, it must be borne in mind that these constituents are transferred to the surface. Release agents (waxes) that are then applied on top adhere only poorly and may detach completely when polished.

One remedy recommended for this case is to rub out the mould beforehand with a suitable solvent (e.g. cleaner's naphtha, acetone, etc.).

An alternative is the combination of priming wax and film release agent, which works without problems even on base surfaces with low wetting (reference page 140).

Varnishes

Ground surfaces should first be varnished and then, after the varnish has fully hardened, polished.

Corroded varnishes and overlays (gel coats) can be polished to renewed lustre. In contrast to many other care products, above all for use on automobiles, the lustre is long-lasting because it is based on the reduction of surface roughness. The principle is comparable to the mirror-finishing of metals (gold jewellery, cutlery, etc.).

Buffing methods

*Surfaces that are mostly flat are polished with liquid polishing agents (polishing paste, polishing emulsion) applied with an angle grinder and a **foam wheel** (polishing pad). This method can treat large areas in very short times.*

Buffing wheels are suitable for smaller surfaces and more complex components. The rotating wheel is pressed against the hard wax (grinding, polishing, and high-gloss composite) until enough wax has been taken up. Then the buffing wheel is applied to the work piece and moved over the surface in no particular pattern. However, polishing should not take too long at any one point owing to the heat caused by friction.

Small parts can best be treated when the drilling machine and the buffing wheel are clamped in a support stand. The work piece is pressed against the buffing wheel.



Handpolitur mittels Schwabbelscheibe und Hartwachs

Polishing by hand with a buffing wheel and hard wax

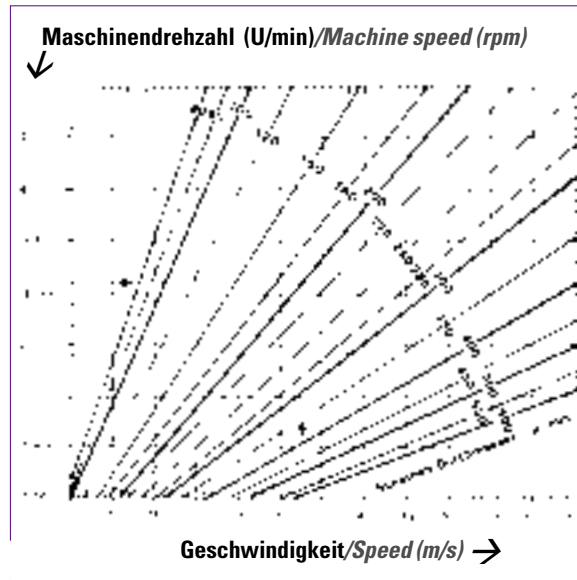
10.04

Dieses Diagramm hilft:

1. den richtigen Durchmesser der Scheibe zu wählen,
2. mit der richtigen Drehzahl zu arbeiten,
3. mit der wirtschaftlichsten Umfangsgeschwindigkeit zu fahren.

This diagram is to help you to choose

1. the right diameter for the wheel,
2. the right spindle speed for the work,
3. the most economical peripheral speed.



Schleifen <i>Grinding</i>	Meter/Sekunde <i>Speed (m/s)</i>
Metalle allgemein <i>Metals, general</i>	30 - 40
Edelstahl <i>Stainless steel</i>	20 - 30
Hartmetalle <i>Hard metals</i>	10 - 15
Thermoplaste <i>Thermoplastics</i>	8 - 15
Duroplaste <i>Thermosets</i>	10 - 25
Acrylglas <i>Acrylic glass</i>	3 - 8
Polieren <i>Polishing</i>	Meter/Sekunde <i>Speed (m/s)</i>
Stahl <i>Steel</i>	30 - 35
Bunt- und NE- Metalle <i>Non-ferrous metals</i>	30 - 50
Leichtmetalle <i>Light metals</i>	40 - 45
Thermoplaste <i>Thermoplastics</i>	5 - 15
Duroplaste <i>Thermosets</i>	25 - 30
Polyesterlacke <i>Polyester varnishes</i>	15 - 30

ZUBEHÖR ZUR OBERFLÄCHENBEARBEITUNG

ACCESSORIES FOR SURFACE TREATMENT

Softflex Schleifpapier

Siliciumcarbid-Schleifpapier für Naß- und Trockenschliff. Siliciumcarbid bildet druck- und säurefeste Kristalle mit Diamantstruktur. Die Härte liegt nur 4 % unter der von Diamant.

Lieferbare Körnungen
 360, 500, 800, 1200, 1500
 in Bogenware 23 x 28 cm.



Silicon carbide abrasive paper for wet and dry applications. Silicon carbide forms pressure-resistant and acid-proof crystals exhibiting a diamond structure. The hardness is only 4% less than that of diamond.

Available grain sizes
 360, 500, 800, 1200, 1500
 in 23 x 28 cm sheets.

Packungsgrößen 3 Bögen, 50 Bögen
 Bestell-Nr. 315 160-X, 315 165-X, 315 170-X, 315 175-X, 315 180-X

Packaged quantities: 3 sheets, 50 sheets
 Order nos. 315 160-X, 315 165-X, 315 170-X, 315 175-X, 315 180-X.

Schleifkomposition

Vorschleifkomposition. Stark greifend, mit Zusatz von feinem Schmirgel. Für GFK und Lackflächen, Eisen, Buntmetalle, Horn etc. Verarbeitung mit Schwabbelnscheibe.

Packungsgrößen 150 g, 1 kg
 Bestell-Nr. 315 090-X



Grinding composite

Highly abrasive pregrinding composite with fine emery additive applied with a buffing wheel on GRP and varnished surfaces, iron, non-ferrous metals, horn, etc.

Packaged quantities: 150 g, 1 kg
 Order no. 315 090-X

Glanzkomposition

Hochglanz-Polierkomposition. Zum Hochglanzpolieren von GFK, Plexiglas, Neusilber, Edelstahl und Edelmetallen. Mit Glanzwachs können auch verwitterte und stumpfe Lacke bearbeitet werden. Verarbeitung mit Schwabbelnscheibe.

Packungsgrößen 150 g, 1 kg
 Bestell-Nr. 315 100-X



High-gloss composite

High-gloss composite applied with a buffing wheel for mirror-finishing GRP, perspex, nickel silver, stainless steel, and precious metals. High-gloss wax can also be used to treat corroded and dull varnishes.

Packaged quantities: 150 g, 1 kg
 Order no. 315 100-X

Polierpaste

Universal-Poliermittel mit guter Schleif- und Polierwirkung. Kleinere Flächen lassen sich von Hand bearbeiten. Für größere Teile empfehlen wir die Verarbeitung mit dem R&G Polierpad (Bestell-Nr. 315 135-1) oder anderen großflächigen Poliertellern. Feine Kratzer (z.B. von 1200er Schleifpapier) lassen sich hervorragend egalisieren. Guter Glanz bei GFK und Lackoberflächen.

Packungsgrößen 250 g, 1, 5, 10, 50 kg
 Bestell-Nr. 315 101-X



Polishing paste

Universal polishing agent with good grinding and polishing effects. Smaller surfaces can be treated by hand. For larger parts we recommend the application with the R&G polishing pad (order no. 315 135-1) or other large-area polishing wheels. Fine scratches (e.g. from 1200 abrasive paper) are extremely easy to neutralise. Good lustre on GRP and varnished surfaces.

Packaged quantities: 250 g, 1, 5, 10, 50 kg
 Order no. 315 101-X

Polierpaste „extra fein“

Für eine abschließende Hochglanzpolitur von GFK- und Lackoberflächen.

Packungsgrößen 250 g, 1, 5, 10, 50 kg
 Bestell-Nr. 315 103-X

Polishing paste "extra fine"

For that final high-gloss finish on GRP and varnished surfaces.

Packaged quantities: 250 g, 1, 5, 10, 50 kg
 Order-No. 315 103-X

Standardschwabbel

Polierscheibe zur Oberflächenbearbeitung mit Schleif-, Polier- und Glanzwachsen.
Gute Wachsaufnahme.
Die Schwabbelnscheibe wird mittels Spanndorn in eine Bohrmaschine eingespannt.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 315 115-0



Standard buffer

*Polishing wheel for treating surfaces with abrading, polishing, and high-gloss waxes.
Good wax absorption.
The buffing wheel is mounted on an arbor in a drilling machine.*

*Packaged quantity: 1 pce
Order-no. 315 115-0*

Standardschwabbel Standard buffer

Form <i>Shape</i>	vollrund <i>circular</i>
Stoffqualität <i>Material quality</i>	flanell (weich) <i>flannel (soft)</i>
Anzahl Blätter <i>Number of sheets</i>	ca. 30 <i>approx. 30</i>
Steppkreise <i>Stepped diameters</i>	einer bei 50 mm <i>one at 50 mm</i>
Schwabbelstärke <i>Buffer thickness</i>	ca. 40 - 50 mm <i>approx. 40 - 50 mm</i>
Durchmesser <i>Diameter</i>	150 mm <i>150 mm</i>
Bohrung <i>Bore</i>	12 mm <i>12 mm</i>
Spanndorn <i>Arbor</i>	extra bestellen <i>please order separately</i>

Industrieschwabbel

Weiterentwicklung der Standardschwabbel.

Für die Herstellung werden Streifen aus 100 % Baumwollgewebe im Winkel von 45° zu den Kett- und Schußfäden geschnitten und ringförmig um einen Festkern aus Pappe gelegt.
Diese Konstruktion vermeidet das Flusen fast vollständig und ist daher besonders zum Einsatz auf nichtstationären Maschinen geeignet.

Die Wellenform des Besatzmaterials hat eine indirekte Oszillation und ein wesentlich kühleres Arbeiten zur Folge. Letzteres wirkt sich besonders günstig beim Polieren von Kunststoffen und Lacken aus.
Die ca. 20 mm breiten Einzelringe können lückenlos zu größeren Breiten zusammengespannt werden (auf Spanndorn bis zu 3 Stück).

Packungsgröße 1 Stück Ø 15 cm und 25 cm
Bestell-Nr. 315 112-1, 315 113-1



Industrial buffer

Further development of the standard buffer.

These buffers are manufactured from strips of 100 % cotton fabric cut at an angle of 45° to the warps and wefts and laid in rings around a solid core of cardboard.

This structure prevents fluffing almost completely and is therefore ideal for use on non-stationary machines.

Owing to the trimming material's wave profile, oscillations are imparted indirectly to the buffer and the heat generated by the work is essentially reduced.

This latter is a particular advantage when plastics and varnishes are polished. Approx. 20 mm in width, the single rings can be clamped together to form larger widths without gaps (up to three rings on the one arbor).

*Packaged quantity: 1 pce, 15 cm and 25 cm diameter
Order nos. 315 112-1, 315 113-1*



Spanndorn

Der gehärtete und brünierte Stahldorn dient zur Aufnahme der Schwabbelscheibe und kann in jede handelsübliche Bohrmaschine eingespannt werden.

Schwabbelscheiben mit wiederverwendbarem Spanndorn sind wirtschaftlich, da abgenutzte Scheiben ausgewechselt werden können.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 315 116-X

Arbor



This hardened and black-finished steel arbor serves as a mount for a buffing wheel and can be used in any commercially available drilling machine.

Buffing wheels with reusable arbors allow the replacement of worn wheels and are therefore economical.

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 315 116-X

Spanndorn <i>Arbor</i>	
Aufnahme <i>Mount</i>	1 -2 Schwabbel <i>1 -2 buffers</i>
Länge <i>Length</i>	85 mm <i>85 mm</i>
Gewinde <i>Thread</i>	links <i>left-hand</i>
Bohrfutter <i>Drill chuck diameter</i>	8 mm <i>8 mm</i>

Profi-Schwabbel

Schwabbelscheibe mit sehr guter Polierwirkung durch wellenförmige Anordnung des Poliergewebes.
 Komplett mit in Kunststoffkern eingegossenem Spanndorn.

Die Wellenform des Besatzmaterials hat eine indirekte Oszillation und ein wesentlich kühleres Arbeiten zur Folge. Letzteres wirkt sich besonders günstig beim Polieren von Kunststoffen und Lacken aus.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 315 125-X

Professional buffer



The wavy profile of the polishing fabric enhances the polishing effects of this buffing wheel. The arbor is cast completely in a plastic core.

Owing to the trimming material's wave profile, oscillations are imparted indirectly to the buffer and the heat generated by the work is essentially reduced. This latter is a particular advantage when plastics and varnishes are polished.

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 315 125-X

Profi-Schwabbel <i>Professional Buffer</i>	
Schwabbel <i>Buffer diameter</i>	125 mm <i>125 mm</i>
Schwabbelbreite <i>Buffer width</i>	ca. 40 mm <i>approx. 40 mm</i>
für Spanndorn <i>arbor diameter</i>	8 mm <i>8 mm</i>

Polierpad

Gelbe Schaumstoffscheibe zum Feinpolieren von Lackoberflächen und Kunststoffen mit Polieremulsion und Polierpaste.

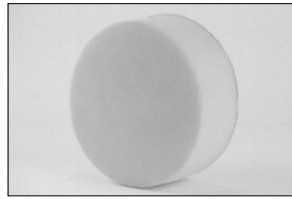
Zur Autopolitur können auch alle handelsüblichen "Puddings" und Emulsionen verarbeitet werden.

Das Pad haftet mit Klettverschlüssen auf dem Klettfix-Stützteller, daher problemloser Scheibenwechsel.

Der Durchmesser beträgt 160 mm, die Breite 60 mm. Verwendung auf Winkelschleifern im Drehzahlbereich bis 2500 U/min.

Packungsgrößen 1 Stück
Bestell-Nr. 315 135-1

Polishing pad



Yellow foam wheel for the fine polishing of varnished surfaces and plastics with polishing emulsion and polishing paste.

Also all commercially available "jellies" and emulsions can be used as finish restorers for automobiles.

Velcro seals affix the pad to backplates, so the wheel is easily replaced.

With a diameter of 160 mm and width of 60 mm the pad can be used on angle grinders at speeds up to 2500 rpm.

*Packaged quantity: 1 pce
Order no. 315 135-1*

Klettfix Stützteller

Weicher Gummiteller mit Klettverschlüssen zur Aufnahme des R&G Polierpad. Der Klettfix Stützteller hat einen M 14-Innengewindeanschluß, passend für alle gängigen Winkelschleifer. Durchmesser 160 mm.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 315 130-X

Velcro backplate



Soft rubber wheel with Velcro seals for receiving the R&G polishing pad. The Velcro backplate has an M14 female threaded connector suitable for all customary angle grinders. Diameter 160 mm.

*Packaged quantity: 1 pce
Order no. 315 130-X*

Spannflansch

Stahlflansch zur Aufnahme von bis zu 3 R&G Industrieschwabbeln. Gewinde M 14, passend für alle gängigen Winkelschleifer.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 315 118-1

Clamping flange



Receiving up to three R&G industrial buffers, this steel flange with M14 thread is suitable for all customary angle grinders.

*Packaged quantity: 1 pce
Order no. 315 118-1*

DOSIEREN - MISCHEN - PINSEL

Dosieren

Der Erfolg beim Arbeiten mit Reaktionsharzen ist von sorgfältigem Dosieren und Mischen der Komponenten abhängig. Ein falsches Mischungsverhältnis und eine unzureichende Durchmischung führt fast immer zu irreversiblen Fehlhärtungen.

Die Erfahrung lehrt, daß die meisten Fehler sehr einfache Ursachen haben:

Kleinste Harzmengen (10g) können nur noch mit genauen und sehr teuren Laborwaagen exact dosiert werden; daher empfehlen wir das Mischen nach Volumenteilen, z.B. durch Aufziehen der Komponenten mit Einwegspritzen. Dabei muß beachtet werden, daß das angegebene Mischungsverhältnis nach **Gewicht** nicht unbedingt auch dem Mischungsverhältnis nach **Volumen** entspricht. Meist ergibt sich durch die unterschiedliche Dichte von Harz und Härter eine Abweichung. Das Volumen-Mischungsverhältnis muß also zunächst über die Dichte der Komponenten bestimmt werden.

Größere Ansätze ab ca. 50 g sollten vorzugsweise mit einer Digital- oder Briefwaage dosiert werden.

Ist ein Abwiegen auch größerer Ansatzmengen nicht möglich, sollten Volumen-Meßgefäße wie Meßbecher, Meßzylinder oder Einwegspritzen verwendet werden.

Speziell sehr dünnflüssige Komponenten wie Peroxide (MEKP-Härter bei der Polyesterharzverarbeitung) lassen sich nach Volumen genau dosieren. Für Peroxid-Kleinpackungen sind bei R&G Kunststoffpipetten erhältlich.

Mischen

Wer Reaktionsharze nur hin und wieder verarbeitet, kann zum Anmischen auf leere Joghurtbecher o.ä. zurückgreifen. Dies gilt zumindest für die lösemittelfreien Epoxyharze.

Becher, die Sicken im Boden aufweisen, sind jedoch nicht geeignet. In den Vertiefungen läßt sich das Harz nicht sorgfältig mit dem Härter mischen. Wird dann noch der letzte Rest mittels Pinsel entnommen, kommt es aufgrund des Mischfehlers zu stellenweisen Fehlhärtungen im Laminat, eben da, wo praktisch reines Harz aufgetragen wurde. Vermeiden kann man dies durch Verwendung von **Bechern mit glatter Wand und ebenem Boden**.

Prinzipiell ist auch die Benutzung von Mehrweggefäßen aus PE möglich (Gefrierdosen). Ausgehärtete Harzreste lassen sich einigermaßen gut entfernen. Aus arbeitshygienischer Sicht sind Mehrweggefäße nicht zu empfehlen, da Sie meist noch klebrige Reste, z.B. am Rand aufweisen und gereinigt werden müssen.

Die Berufsgenossenschaft Chemie empfiehlt in ihren Hinweisen zum Umgang mit Epoxyd- und Polyesterharzen die Verwendung von Einweggefäßen und Rührstäbchen.

DOSING - MIXING - BRUSHING

Dosing



The meticulous dosing and mixing of the constituents is essential if work with reactive resins is to be successful.

The wrong mixing ratio or inadequate thoroughness in mixing the constituents almost always leads to irreversible defects in the curing process. Experience has shown that most mistakes have very simple causes.

*The **smallest quantities of resin** (10 g) can be exactly dosed with precise and very expensive laboratory balances only. For this reason we recommend mixing based on parts by volume, e.g. as measured in disposable injectors. It must be borne in mind here that the specified mixing ratio based on **weight** does not necessarily correspond to the mixing ratio based on **volume**. In most cases this discrepancy is caused by the differing densities of the resin and hardener. In other words, the volume mixing ratio must first be determined as a function of the constituents' densities.*

***Greater quantities** from about 50 g should be dosed preferably with digital or letter scales.*

Should it not be possible to weigh larger quantities, volumetric vessels such as measuring cups, measuring cylinders, or disposable injectors should be used.

Specifically constituents of very low viscosity such as peroxides (MEKP hardeners for processing polyester resins) can be dosed precisely by volume. R&G provides plastic pipettes for small quantities of packaged peroxide.

Mixing



When reactive resins are processed only occasionally, they can be mixed in empty yogurt pots or similar. This applies at least to solvent-free epoxy resins.

*However, pots or other receptacles exhibiting beads in their bases are unsuitable. Resin in indentations cannot be carefully mixed with the hardener. Removing the rest with a brush introduces a mixing error that in turn proves detrimental to curing in the laminate, in particular where virtually pure resin has been applied. This can be prevented when **receptacles with smooth sides and a flat base** are used.*

In principle, reusable receptacles of PE (freezer boxes) can also be used. Cured resin residue can be removed fairly easily.

From the viewpoint of industrial hygiene, reusable receptacles are not recommended: in most cases they still have a tacky residue, e.g. along the edge, and must be cleaned.

In its publications on handling epoxy and polyester resins, the professional association of chemical workers recommend the use of disposable receptacles and stirring rods.

Pinsel

Pinsel benötigt man zum Auftragen und Verteilen von Reaktionsharzen und natürlich zum Stupfen der Laminats, dem sogenannten **Entlüften**.

Borstenpinsel leisten hier bessere Dienste als die weichen Haarpinsel. Auch Deckschichten sollten beim Auftragen gründlich durchkämmt werden, um Luft-einschlüsse zu vermeiden.

Die Pinselborsten müssen lösemittelfest gebunden sein (nicht selbstverständlich!), vor allem bei der Polyesterharzverarbeitung. Auch das Reinigen mit Lösemittel ist dann möglich.

Die Stiele sollten nicht lackiert sein, da sich der Lack während des Gebrauchs in Polyesterharz oder beim Reinigen anlösen würde.

Wir empfehlen die Produkte **R&G Laminierpinsel** und **Modler**, die diese Anforderungen erfüllen.

Brushing

*Brushes are needed to apply and spread reactive resins and, of course, to **de-air** the laminates through dabbing.*

Bristle brushes perform better service here than the soft hair brushes. Overlays too should be thoroughly "combed" when being applied. This helps to prevent air inclusions.

The materials used to bind the brush's bristles must be resistant to solvents (this is not always the case!), especially when polyester resins are processed. Solvents can then be used to clean the brushes.

The handles should not be varnished: the varnish may detach when it is cleaned or comes into contact with polyester resin.



*We recommend the products **R&G laminating brush** and **modelling brush**, both meeting with these requirements.*



Liegefahrrad aus CFK

Recumbent bicycle of CRP



Fünf Kohlefaser-Bauteile bilden die 55 kg leichte Zender Fact-4 Karosserie.

A lightweight at 55 kg, the Zender Fact 4 body shell consists of only five carbon-fibre components

DOSIEREN UND MISCHEN

Wand-Dosiergerät 500 ml

Dieses Gerät kann überall dort eingesetzt werden, wo Polyesterharze, Epoxydharze, Lacke und andere pumpfähige Medien genau und absolut sauber dosiert werden müssen.

Die Funktion ist denkbar einfach

Durch betätigen des Pumpenhebels nach oben wird das Material direkt aus dem Originalgebinde in den Glaszylinder gesaugt. An der Skala des Glaszylinders läßt sich die eingesaugte Menge ablesen. Ist die gewünschte Menge im Glaszylinder, wird der Hebel nach unten gedrückt. Dadurch wird das angesaugte Material über den Auslaufhahn in einen Behälter abgegeben.



Alle Geräteteile, die mit dem Medium in Berührung kommen, sind aus Aluminium, Edelstahl und Teflon gefertigt.

Bei Verwendung verschiedener Materialien empfiehlt es sich, für jedes Medium ein separates Dosiergerät einzusetzen, um aufwendige Reinigungsarbeiten zu vermeiden.

Das Gerät ist für die Wandmontage vorbereitet, es wird einfach mit zwei Schrauben befestigt.

Empfohlen für Ansatzgrößen ab ca. 50 ml.

1 Stück **100 ml** Bestell-Nr. 330 172-0

1 Stück **500 ml** Bestell-Nr. 330 172-1

DOSING AND MIXING

Wall-mounted dosing unit 500 ml

This unit finds application everywhere polyester resins, epoxy resins, varnishes, and other pumpable media must be dosed in precise and absolutely drip-free quantities.

Operating the unit couldn't be easier

Pushing the pump lever upwards causes the medium to be sucked directly from the original packaging into the glass cylinder. The quantity can then be read off against the scale on the glass cylinder. This quantity being the one wanted, the lever is pushed downwards. This forces the material through the discharge tap and into a receptacle.

All parts of the device coming into contact with the medium are made of aluminium, stainless steel, and Teflon.

When different materials have to be pumped we recommend using a separate dosing unit for each medium. This minimises time-consuming cleaning work.

The device is designed as a wall-mounted unit. All that is needed are two screws.

Recommended for initial quantities from approx. 50 ml.

1 pce **100 ml**, order no. 330 172-0

1 pce **500 ml**, order no. 330 172-1

Dosiergefäße

Farblos transparente Meßbecher und Meßzylinder mit ml-Einteilung. Unzerbrechliches Polypropylen, chemikalienbeständig.

Die **Meßzylinder** eignen sich wegen ihrer Höhe nur für dünnflüssige Medien (z.B. MEKP-Härter). Größen 25 und 100 ml.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 330 100-1 und 330 105-1

Mit den **Meßbechern** können auch größere Harzmengen dosiert werden. Größen 250, 500, 1000, 2000 und 3000 ml.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 330 110-1 bis 330 130-1

Mit der **Dosierpipette** können kleine Mengen, z.B. MEKP-Härter, dosiert werden. Größe 3 ml.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 330 100-0

Dosing vessels



Colourless, transparent measuring cups and measuring cylinders with millilitre divisions. Unbreakable polypropylene, resistant to chemicals.

Owing to their height, the **measuring cylinders** are suitable for low-viscosity media only (e.g. MEKP hardeners). Sizes: 25 and 100 ml.

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 330 100-1 and 330 105-1

The **measuring cups** can be used to dose larger quantities of resin as well. Sizes: 250, 500, 1000, 2000, and 3000 ml.

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 330 110-1 to 330 130-1

The **dosing pipette** can be used to dose smaller quantities, e.g. of MEKP hardener. Size: 3 ml.

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 330 100-0

Dosierspritzen und Kanülen

Dosierspritze 20 ml aus transparentem Polypropylen, unzerbrechlich, chemikalienbeständig.

Kanülen aus Metall mit stumpfer Spitze. Mit der Kanüle können angemischte Harze z.B. an unzugänglichen Stellen aufgetragen bzw. Injektionen zur Reparatur von Sandwichlaminaten vorgenommen werden. Sie eignet sich auch optimal als Dosierhilfe auf Sekundenkleberflaschen.

Packungsgrößen

Spritze, 1 Stück, 80 Stück
Bestell-Nr. 330 154-X

Metallkanüle

Innen-Ø **0,3 x 13 mm** Länge (scharfe Spitze)
1 Stück, 100 Stück
Bestell-Nr. 330 157-X

Innen-Ø **0,4 x 19 mm** Länge (scharfe Spitze)
1 Stück, 100 Stück
Bestell-Nr. 330 156-X

Innen-Ø **1,2 x 40 mm** Länge (stumpfe Spitze)
1 Stück, 100 Stück
Bestell-Nr. 330 155-X



Dosing injectors and hollow needles

Dosing injector for 20 ml of transparent polypropylene, unbreakable, resistant to chemicals.

Hollow needles of metal with blunt tip. The hollow needle can be used to apply mixed resins, e.g. to inaccessible sites, or to inject resin for repairing sandwich laminates. They are also the optimal dosing aids on bottles of superglue.

Packaged quantities:

Injector, 1 pce, 80 pcs
Order no. 330 154-X

Hollow metal needle

Internal diameter **0.3 x 13 mm** length (sharp tip)
1 pce, 100 pcs
Order no. 330 157-X

Internal diameter **0.4 x 19 mm** length (sharp tip)
1 pce, 100 pcs
Order no. 330 156-X

Internal diameter **1.2 x 40 mm** length (blunt tip)
1 pce, 100 pcs
Order no. 330 155-X



Einweg-Spritzbeutel

30 cm lange Spritzbeutel aus PE zum Auftragen von eingedicktem Harz z.B. beim Verkleben von Sandwichbauteilen und zum Herstellen von Hohlkehlen.

Anwendung: Harz/Härtermischung mit Füllstoff zu einer pastösen Masse anmischen, in den Spritzbeutel füllen und durch Ausdrücken auftragen.

Achtung: Durch die Körperwärme verkürzt sich die Verarbeitungszeit der Harzmischung um min. die Hälfte!

Packungsgrößen 10 Stück
Bestell-Nr. 330 140-1

Disposable injector bags

Injector bags of PE, 30 cm long, for applying inspissated resin, e.g. for bonding sandwich components and for making fillets.

Application: Mix the hardener system and the filler to a pasty compound, fill the injector bag with the compound, and apply the compound by squeezing the bag.

Important: Body heat reduces the processing time for the resin mixture by at least 50%!



Packaged quantities: 10 pcs
Order no. 330 140-1

Holzrührspatel

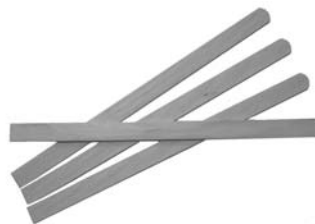
250 mm lang, 15 mm breit, 2 mm dick, aus Buche. Sehr empfehlenswert zum Anrühren von Harzansätzen bis etwa 500 g. In Verbindung mit Mischbechern ist ein sorgfältiges, fehlerfreies Verrühren möglich.

Packungsgrößen 10, 50, 100, 500 Stück
Bestell-Nr. 325 100-X

Wooden mixing spatulas

Mixing spatula of beech wood, 250 mm long, 15 mm wide, 2 mm thick, highly recommended for mixing quantities of resin up to approx. 500 g, facilitates meticulous, sound mixing in mixing cups.

Packaged quantities: 10, 50, 100, 500 pcs
Order no. 325 100-X





DOSIEREN UND MISCHEN

Mischbecher + Mischeimer PP

Mehrfach verwendbare Mischgefäße aus Polypropylen. Lösemittelbeständig.

Mischbecher lieferbar mit 250, 500 und 1000 ml Volumen

Mischeimer lieferbar mit 2,5, 5, 10 und 30 Liter Volumen

Packungsgrößen 10 und 50 Stück
Bestell-Nr. 980 245-X bis 980 825-X



DOSING AND MIXING

Mixing cups and mixing buckets of PP

Reusable mixing vessels of polypropylene, resistant to solvents.

Mixing cups available with 250, 500, and 1000 ml volumes.

Mixing buckets available with 2.5, 5, 10, and 30 litre volumes.

Packaged quantities: 10 and 50 pcs
Order nos. 980 245-X to 980 825-X

Gußmetall-Auslaufhahn

Zapfhähne für Epoxydharze und Härter aus 200 Liter-Originalfässern von R&G. Größe 2" (5,08 cm) mit großem Spundloch und Größe 3/4" (1,9 cm) mit kleinem Spundloch.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 330 165-X



Cast metal discharge tap

Taps for epoxy resins and hardeners from R&G 200-litre original drums. Size 2" (5.08 cm) with large bunghole and size 3/4" (1.9 cm) with small bunghole.

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 330 165-X

PE-Auslaufhähne

Zapfhähne für Epoxydharze und Härter aus 5, 10 und 30 L-Kanistern von R&G.

PE-Auslaufhahn klein (für 5 und 10 L-Kanister)
1 Stück Bestell-Nr. 330 160-1

PE-Auslaufhahn groß (für 30 L-Kanister)

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 330 160-2



PE discharge taps

Taps for epoxy resins and hardeners from R&G 5, 10, and 30 l canisters.

PE discharge tap, small (for 5 and 10 l canisters)
1 pce, order no. 330 160-1

PE discharge tap, large (for 30 l canisters)

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 330 160-2

PINSEL UND WERKZEUGE

Laminierpinsel

Borstenpinsel zum Auftragen von Deckschichten, Laminierharzen und zum Stupfen von Laminaten. Lösemittelfest gebunden, unlackierter Stiel.

Lieferbare Breiten: 10, 16 und 20 mm.

Packungsgrößen 5, 50, 100 Stück
Bestell-Nr. 325 120-X, 325 125-X, 325 128-X



BRUSHES AND TOOLS

Laminating brushes

Bristle brushes for applying overlays and laminating resins and for dabbing laminates, bristles' binder material resistant to solvents, unvarnished handle.

Available widths: 10, 16, and 20 cm

Packaged quantities: 5, 50, 100 pcs
Order nos. 325 120-X, 325 125-X, 325 128-X

Modler

Pinsel mit extra kurzer, geschnittener, reiner weißer Chinaborste. Geeignet zum Auftragen von Deckschichten, Laminierharzen und zum Stupfen von Laminaten. Lösemittelfest gebunden, unlackierter Stiel.

Lieferbare Breiten: 1 Zoll (25,4 mm) und 2 Zoll (50,8 mm)

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 325 135-X, 325 140-X



Modelling brushes

Brushes with extra short pure white Chinese bristles suitable for applying overlays and laminating resins and for dabbing laminates, bristles' binder material resistant to solvents, unvarnished handle.

Available widths: 1" (25.4 mm) and 2" (50.8 mm)

Packaged quantity: 1 pce
Order nos. 325 135-X, 325 140-X

10.14

Trennlackpinsel

Moltopren-Schaumstoffstreicher zum blasenfreien Auftragen von Folientrennmittel PVA. Die Oberflächen werden im Regelfall besser als bei der Haarpinsel-Applikation, da beim Verstreichen kein Schaum entsteht. Reinigung nach Gebrauch mit Wasser. Der Trennlackpinsel ist lange Zeit verwendbar. Breite: 45 mm. Das Schaumstoffteil kann ausgetauscht werden (Bestell-Nr. 335 145-2).

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 335 145-X



Release agent brushes

Moltopren foam spreaders for the bubble-free application of PVA film release agent. There is no foaming with these spreaders, so the surfaces are generally better than those treated with hair brushes. After use, the spreaders are washed with water. The release agent brush has a long useful life. Width: 45 mm. The foam part can be replaced (order no. 335 145-2).

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 335 145-X

Schaumstoff-Laminiersets

Werkzeugset zum Auftragen von Epoxyd- und Polyesterharz (UP-Vorgelat), speziell bei Oberflächenbeschichtungen mit Glasgewebe 25 g/m² und 49 g/m². Die Walzen lassen sich nicht auswaschen (nicht lösemittelbeständig) und können daher nur einmal verwendet werden.

Es stehen 2 Sets sowie Ersatzwalzen zur Verfügung:

Mini-Laminierset

enthält 1 Kunststoff-Harzwanne (PE),
1 Stahlbügel, 2 Moltoprenwalzen 50 mm Breite.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 340 100-1

Ersatzwalzen 50 mm Breite

Packungsgrößen 1, 20 Stück
Bestell-Nr. 340 105-X

Maxi-Laminierset

enthält 1 Kunststoff-Harzwanne (PE),
1 Stahlbügel, 1 Moltoprenwalze 100 mm Breite.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 340 107-1

Ersatzwalzen 100 mm Breite

Packungsgrößen 1, 30 Stück
Bestell-Nr. 340 108-X



Foam laminating sets

Tool set for applying epoxy and polyester resins (UP pre-gel), specifically for surface coatings with 25 g/m² and 49 g/m² glass fabric. The rollers cannot be washed out (not resistant to solvents) and so can be used once only.

There are two sets and replacement rollers.

Mini laminating set

includes 1 plastic resin tray (PE), 1 steel frame, 2 Moltopren rollers, 50 mm wide.

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 340 100-1

Replacement rollers, 50 mm wide

Packaged quantities: 1, 20 pcs
order no. 340 105-X

Maxi laminating set

includes 1 plastic resin tray (PE), 1 steel frame, 1 Moltopren roller, 100 mm wide.

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 340 107-1

Replacement rollers, 100 mm wide

Packaged quantities: 1, 30 pcs
order no. 340 108-X

Velour-Walze

Kurzhaarige Walzen zum Auftragen von UP, VE und EP-Harzen. Durch die kurzen Borsten wird das Gewebe gut getränkt. Die Walzen sind lösemittelfest und können nach Gebrauch gereinigt werden. Verwendung mit dem jeweils passenden Stahlbügel (Steckbügel aus silberverzinktem 6 mm-Stahl mit Kunststoff-Hohlgriff, bitte extra bestellen).

Packungsgrößen 1, 10 Stück

50 mm Breite: Bestell-Nr. 340 109-X

Stahlbügel dazu: Bestell-Nr. 340 114-1

100 mm Breite: Bestell-Nr. 340 110-X

Stahlbügel dazu: Bestell-Nr. 340 115-1

150 mm Breite: Bestell-Nr. 340 111-X

Stahlbügel dazu: Bestell-Nr. 340 116-1



Non-woven roller

Short-bristle rollers for applying UP, VE, and EP resins. Owing to the short bristles the fabric is impregnated well. The rollers are resistant to solvents and can be cleaned after use.

The rollers must always be used with the corresponding steel frame (insert frame of 6 mm silver-galvanised steel with hollow plastic handle: please order separately).

Packaged quantities: 1, 10 pcs

50 mm width: order no. 340 109-X

steel frame: order no. 340 114-1

100 mm width: order no. 340 110-X

steel frame: order no. 340 115-1

150 mm width: order no. 340 111-X

steel frame: order no. 340 116-1

Squeegee

Elastischer Gummispachtel zum Tränken großflächiger Laminats (Surfbrettbau). Dazu wird das Harz auf das Gewebe gegossen und mit dem Squeegee verteilt. Überschüssiges Material kann leicht ausgestrichen werden.

Packungsgröße 1 Stück
 Abmessungen: Länge x Höhe x Breite
 150 mm x 90 mm x 10 mm.
 Bestell-Nr. 350 100-1
 900 mm x 90 mm x 10 mm
 Bestell-Nr. 350 100-2



Squeegee

Flexible rubber spatula for impregnating large-area laminates (e.g. for surfboards). Here, the resin is poured over the fabric and spread with the squeegee. Excess material can be easily removed.

*Packaged quantity: 1 pce
 Dimensions: length x height x width
 150 mm x 90 mm x 10 mm.
 Order no. 350 100-1
 900 mm x 90 mm x 10 mm
 Order no. 350 100-2*

Teflon-Roller

Spezialwerkzeug zum vollständigen Entlüften (Tränken) von Gewebe- und Mattenlaminaten.
 Sinnvoll vor allem bei mehrschichtigen Laminaten.
 Teflon (PTFE) ist ein wärme- und chemikalienbeständiger Kunststoff, auf dem gehärtete Harzreste nicht haften. Es ist daher ein langlebiges Werkzeug.
 Um die Leichtgängigkeit zu erhalten, sollte nach jedem Gebrauch mit Lösemittel gereinigt werden.

Lieferbare Größen
 Breite 30 mm, 40 mm, 80 mm

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 350 105-1 bis 350 115-1



Teflon rollers

*Special tools for completely de-airing (impregnating) fabric and mat laminates. A practical aid above all for multi-layer laminates.
 Teflon (PTFE) is a heat- and chemical-resistant plastic that cured resin residue cannot adhere to. This tool therefore has a long service life.
 For the rollers to facilitate effortless work for the maximum possible time, they should be cleaned with solvent after every use.*

Available sizes
 Width 30 mm, 40 mm, 80 mm

*Packaged quantity: 1 pce
 Order nos. 350 105-1 to 350 115-1*

Metallscheibenroller

Zum Entlüften und Verdichten dicker Glaslaminats, speziell aus Matten und Rovinggewebe. Langlebiges Werkzeug, nach Gebrauch mit Lösemittel reinigen.

Lieferbare Größen
120 mm Breite für ebene und einseitig gewölbte Flächen
13 mm Breite für Ecken und Kanten
94 mm Breite als Metallfederroller für gewölbte Flächen

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 350 125-1 bis 350 135-1



Metal disc rollers

For de-airing and compacting thick glass laminates, specifically of mats and roving fabric. This tool has a long service life when it is cleaned with solvent after every use.

Available sizes
Width of 120 mm for surfaces that are flat or curved on one side
Width of 13 mm for corners and edges
Width of 94 mm as a flexible metal roller for curved surfaces

*Packaged quantity: 1 pce
 Order nos. 350 125-1 to 350 135-1*



SCHEREN

Einsatz und Pflegehinweise

Scheren von R&G sind Spezialwerkzeuge für starke und dauerhafte Beanspruchung, qualitätsgeschützt durch Solingen-Gesetz und DIN-Vorschriften. Technische Fasern, speziell Aramidfasern, stellen eine ernsthafte Herausforderung für den Scherenhersteller dar. Der Schnitt einer normalen Schere reicht für diese Gewebe nicht aus.

Härte des Stahls

Verstärkungsfasern sind meist härter als normaler Stahl. Die Schneiden werden schnell stumpf. Es wird daher nur der beste verfügbare Scherenstahl mit einem Kohlenstoffgehalt von über 0,6 % verarbeitet.

Microverzahnung

Die meisten Verstärkungsfasern sind überaus glatt. Sie rutschen über die Schneide. Der negative Effekt zeigt sich doppelt:

- Das Rutschen der Fasern wirkt abrasiv und stumpft die Schneiden schnell
- Ein feinfühliges, exakter Zuschnitt ist kaum möglich.

Daher wird eine Schneide mit einer **Microverzahnung** versehen.

Faserabrieb

Faserabrieb entsteht beim Schneiden und haftet durch elektrostatische Aufladung auf dem magnetischen Stahl. Die Faserpartikel wirken stark abrasiv und führen zur Abstumpfung.

Der Verschleiß richtet sich nach der Beanspruchung. Abhilfe ist hier nur möglich durch die Pflege der Schere.

Pflegetips

Die Schere sollte zwischendurch mit einem Lappen gesäubert werden. Geben Sie öfters einen Tropfen Öl an die Schneiden, an die Drehstelle der Blätter und die Schraube.

Als Faustregel gilt:

- Wenn die Schneiden rau gehen, säubern und einölen, nicht schleifen
- Drehstelle der Blätter geölt halten
- Nicht an der Verschraubung drehen

Handhabung

Die Schere muß allein durch ihre Konstruktion schneiden und nicht etwa durch kräftigen, meist seitlichen Druck der Finger. Die angebotenen Modelle sind im allgemeinen für Gewebelagen bis ca. 1 mm Dicke geeignet.

Nachschleifen

Eine Schere, die alles schneidet und nie stumpf wird, gibt es nicht. Eine professionelle Aufbereitung der Stahlscheren kann gegen einen Pauschalpreis ausgeführt werden (siehe Preisliste). Dazu werden die Scheren im Werk auseinandergenommen, die Innenseiten der Blätter geschliffen, die Scherenteile wieder montiert und neu auf Gang gesetzt. Die Schneiden werden geschärft und abgezogen, sowie eine neue Microverzahnung angebracht. Eine fachgerechte Endkontrolle gewährleistet den Gebrauchswert einer neuen Schere.

SHEARS

Instructions on use and care

The shears from R&G are special tools which are designed for constant, heavy-duty applications and whose quality is certified under the Solingen-Gesetz (Solingen Act) and the DIN specifications. Engineering fibres, in particular aramid fibres, pose a serious challenge to the manufacturer of shears. The conventional shears do not have the cutting power for these fabrics.

Hardness of steel

In most cases, reinforcing fibres are harder than normal steel. The shears quickly blunt. Consequently, only the best available steel with a carbon content greater than 0.6% is used in the manufacture of shears.

Micro-teeth

Most reinforcing fibres are extremely smooth and so slip over the cutting edge. The negative effects are twofold:

- *Slipping fibres have an abrasive effect on the cutting edge that quickly blunts*
- *Sensitive, precise cutting is almost impossible.*

*To counteract these, the cutting edge is provided with **micro-teeth**.*

Fibre dust

Cutting fibres gives rise to dust that adheres to the magnetic steel through electrostatic build-up. These fibre particles are highly abrasive and cause blunting.

Wearing depends on the stresses induced. The only possible remedy in this case is to take care of the shears properly.

Tips on care

The shears should be cleaned from time to time with a cloth. Every now and then, slightly oil the cutting edges, the pivot, and the screw.

The general procedure is as follows:

- *When the cutting edges become rough, clean and oil them. Do not grind.*
- *Keep the pivot between the blades oiled.*
- *Do not loosen or tighten the screw.*

Handling

The shears must cut solely on the strength of their design. There must be no great, mostly lateral exertion by the fingers. The models presented are generally suitable for fabric layers up to 1 mm thick.

Regrinding

There is no such thing as shears that can cut everything and never go blunt. We can provide professional work on blunt steel shears for a flat rate (see price list). This work involves dismantling the shears at our plant, grinding the inner sides of the blades, reassembling the parts of the shears, and adjusting them to specifications. The cutting edges are sharpened and honed and provided with new micro-teeth. A professionally conducted final inspection ensures that the shears exhibit the utility value as new. This work takes on average about three to four weeks.



SCHEREN UND MESSER

Aramid-schere

Eine Spezialentwicklung mit zwei spitz zulaufenden Blättern, einem übergroßen Langauge und einem etwas nach vorn versetzten Drehpunkt, daher ungewöhnlich hohe Schneidkraft bis in die Spitze.
 Die Blätter sind fein poliert, eine Schneide ist microverzahnt. Gerade Scheren werden vor allem zum Zuschneiden von Aramid, Glas- und Kohlenstoffgeweben eingesetzt. Lange Standzeit.



Aramid-schere 8 Zoll (ca. 21 cm)

Für leichtes Aramidgewebe von 27 g/m² - 170 g/m² sowie für Glas und Kohlenstoffgewebe von 25 g/m² - 600 g/m².
 Gewicht ca. 170 g
 Schnittlänge 8 cm

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 365 110-1

Aramid-schere 10 Zoll (ca. 26 cm)

Für Aramidgewebe von 27 g/m² - 400 g/m² sowie für Glas und Kohlenstoffgewebe von 25 g/m² - 900 g/m².
 Gewicht ca. 350 g
 Schnittlänge 12 cm

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 365 110-3

Aramid-schere 13 Zoll (ca. 33 cm)

Für mittleres und schweres Aramid-, Glas- und Kohlenstoffgewebe (170 g/m² - 900 g/m²) ist die R&G Aramid-schere auch in einer großen Ausführung lieferbar.
 Gewicht ca. 580 g
 Schnittlänge 15 cm

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 365 111-1

Aramid-schere PROTON®

Spezialbeschichtet für den härtesten Einsatz - eine **Neuentwicklung** für noch bessere Schneidergebnisse beim Verarbeiten von Hochleistungsfasern aus Aramid-, Glas- und Kohlenstoff.
 Eine Schneide microverzahnt.

Beschreibung: Die blauschwarze Beschichtung gewährleistet einen wirkungsvollen Schutz vor abrasivem Verschleiß. Sie schafft eine extrem widerstandsfähige Oberfläche im Bereich der Schneiden, deren Härte bei ca. 2800 HV liegt. Durch die reibende Belastung während des Schnittvorgangs bildet sich die **keramische Oxidschicht** permanent neu.

Diese Beschichtung ist sehr beständig. Sie wird weder durch UV-Strahlung noch durch Fingerschweiß angegriffen. Die PROTON®-Scheren haben einen leichten Gang, da der Gleitwert beachtlich reduziert ist.

Aufgrund des chemisch reaktionsträgen Verhaltens der Beschichtung verkleben die beschichteten Oberflächen in weitaus geringerem Umfang als bei unbeschichteten Scheren - für den praxisnahen Einsatz mit Naßlaminaten eine beachtliche Erleichterung.

Auch die PROTON-Scheren können nachgeschliffen werden.

Größe 8 Zoll (ca. 21 cm), Gewicht 180 g

Größe 10 Zoll (ca. 25 cm), Gewicht 355 g

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 365 110-X

10.18

SHEARS AND KNIVES

Aramid shears

A special development with two blades tapering to a point, an oversized elongated finger hole, and a pivot displaced slightly towards the tip – so exceptionally high cutting forces over the whole length of the blades. The blades are finely polished and one cutting edge has micro-teeth. Straight shears are used primarily for cutting aramid, glass, and carbon fabrics. Long service life.

Aramid shears, 8" (approx. 21 cm)

For lightweight aramid fabrics from 27 to 170 g/m² and for glass and carbon fabrics from 25 to 600 g/cm².
 Weight approx. 170 g
 Cutting length 12 cm

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 365 110-1

Aramid shears, 10" (approx. 26 cm)

For aramid fabrics from 27 to 400 g/m² and for glass and carbon fabrics from 25 to 900 g/cm².
 Weight approx. 350 g
 Cutting length 12 cm

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 365 110-3

Aramid shears, 13" (approx. 33 cm)

R&G aramid shears are also available in a larger design for mid-weight and heavy aramid, glass, and carbon fabrics (170–900 g/cm²).
 Weight approx. 580 g
 Cutting length 15 cm

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 365 111-1

PROTON® aramid shears



Specially lined for the heaviest-duty applications – an **innovation** for even better results when cutting high-performance fibres of aramid, glass, and carbon. One blade with micro-teeth.

Description. The bluish black lining provides effective protection against abrasive wearing and presents an extremely resistant surface on the cutting edges whose hardness is about 2800 HV. The friction generated by cutting constantly causes the **ceramic oxide layer** to re-form. This lining is highly resistant and withstands attack from both UV radiation and human perspiration. Owing to the considerably reduced coefficient of sliding friction, the PROTON® shears cut easily and smoothly.

The lining is chemically inert, meaning that surfaces with this lining exhibit far lower adhesive properties than surfaces without – a considerable advantage for practical applications with wet laminates.

The PROTON® shears can also be reground.

Size 8" (approx. 21 cm), weight 180 g

Size 10" (approx. 25 cm), weight 355 g

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 365 110-X

Schere gebogen

Gute Stahlqualität, für Aramid, Glas und Kohlenstoffgewebe. Die Blätter (Schneiden) sind aufgebogen, die Halme (Griffe) gerade.

Die Schere hat große Augen, lange, schmale, kräftige und spitze Blätter. Eine Schneide ist microverzahnt, die Blätter sind fein poliert.

Die Schere gebogen eignet sich besonders zum Abschneiden überstehenden Gewebes an der Formkante. Durch die spitze Ausführung ist ein genauer Schnitt, z.B. in Ecken, möglich.

Länge 6 Zoll (ca. 15 cm)

Schnittlänge 5 cm
Gewicht 55 g

Packungsgrößen 1 Stück
Bestell-Nr. 365 115-1

Curved shears



High-quality steel for aramid, glass, and carbon fabrics. The blades (cutting edges) are curved upwards, the stems (grips) straight.

The shears have large finger holes and long, slender, strong, and pointed blades. One cutting edge has micro-teeth, the blades are finely polished.

The curved shears are especially suitable for cutting off fabric projecting from the edge of the mould. The pointed design facilitates precise cuts, e.g. in corners.

Length 6" (approx. 15 cm)

Cutting length 5 cm
Weight 55 g

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 365 115-1

Industrieschere

Spezial-Entwicklung für Aramid-, Glas- und Kohlenstoffgewebe.

Die Blätter (Schneiden) sind gebogen, die Scherenhalme (Griffe) gekröpft. Diese Ausführung ermöglicht ein erstklassiges Arbeiten bei Schnitten entlang der Formkante. Durch die Kröpfung wird eine Berührung der Finger mit dem nassen Laminat verhindert. Blätter und Griffe sind fein poliert, eine Schneide ist microverzahnt.

Beim Abschneiden nasser Laminats wird die Schere zwangsläufig mit Harz verschmutzt. Da die Griffe nicht lackiert sind, kann die ganze Schere in einem Lösemittelbad gereinigt werden.

Gehärtete Harzreste lassen sich durch mehrstündiges Lagern in Methylenchlorid aufquellen und dann mechanisch entfernen. Lange Standzeit.

Industrial shears

Special development for aramid, glass, and carbon fabrics.

The blades (cutting edges) are curved, the stems (grips) offset. This design facilitates the best quality for cuts along the edge of the mould. The offsets prevents the fingers from coming into contact with the wet laminate.

Both blades and grips are finely polished, one cutting edge has micro-teeth. When cutting wet laminates, the shears are unavoidably soiled with resin. The handles are not varnished, so the shears can be completely cleaned in a solvent bath.

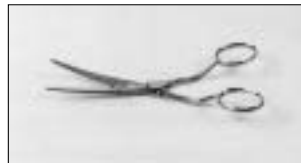
Cured resin residue swells after lying for several hours in methylene chloride, after which it can be removed mechanically. Long service life.

Industrieschere

6 Zoll (ca. 15 cm)

Ausführung für leichte bis mittlere Laminats
Gewicht 38 g
Schnittlänge 5 cm

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 365 116-1



Industrial shears

6" (approx. 15 cm)

Design for light- to mid-weight laminates
Weight 38 g
Cutting length 5 cm

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 365 116-1

Industrieschere

7 Zoll (ca. 18 cm)

Schwere Ausführung auch für dickere Laminats.
Gewicht 118 g
Schnittlänge 7 cm

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 365 117-1



Industrial shears

7" (approx. 18 cm)

Heavy-duty design for thicker laminates as well
Weight 118 g
Cutting length 7 cm

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 365 117-1

Proton®-Ausführung Schwere Ausführung

Gewicht 118 g
Schnittlänge 7 cm

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 365 117-2



PROTON® design (heavy-duty design)

Weight 118 g
Cutting length 7 cm

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 365 117-2



Glasfaserschere gezahnt

Preiswerte gerade Schere für Glasgewebe, bedingt auch für Aramid (Kevlar®) geeignet. Durch die einseitige Microverzahnung kann das Gewebe nicht verrutschen, so daß präzise Schnitte möglich sind.

Länge 8 Zoll (ca. 20 cm)
 Gewicht 115 g

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 365 105-1



Toothed glass fibre shears

Low-priced straight shears for glass fabrics, restricted suitability for aramid (Kevlar®). The micro-teeth on one side prevent the fabric from slipping, so facilitating precise cuts.

Length 8" (approx. 20 cm)
 Weight 115 g

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 365 105-1

Service: Scherenaufarbeitung

Die Aufarbeitung im Herstellerwerk umfaßt: Auseinandernehmen, Schärfen, neu auf Gang setzen, neue Microverzahnung.

Die Pauschalpreise (siehe Preisliste) beinhalten die Versandkosten, eventuell erforderliche Ersatzteile werden nach Absprache extra berechnet.

Reworking service for shears

With this service provided by the manufacturer's works, the shears are dismantled, sharpened, adjusted to specifications, and the micro-teeth renewed.

The flat rates (see price list) include the costs of delivery. Should replacement parts be necessary, these will be charged separately by arrangement.

Rollschneider

Ø 28 mm + 45 mm

Rollmesser eignen sich ideal zum Zuschneiden von Glas- und Kohlegeweben auf dem Arbeitstisch.

Frei von Hand oder mittels Schablone lassen sich auch leicht verschiebbare Körpergewebe verzugsfrei zuschneiden - und dies einfacher, schneller und sauberer als mit Scheren und Messerklingen.

Packungsgröße 1 St., Ersatzklingen extra
 Bestell-Nr. 365 135-X, 365 140-X

Roller cutters

Diameter 28 mm x 45 mm

Roller cutters are ideal for cutting to size glass and carbon fabrics on the workbench.

Whether by hand or with templates, even highly drapable twills can be cut without distortion – and that more easily, more quickly, and more cleanly than with shears or knife blades.

Packaged quantity: 1 pce, replacement blades extra
Order no. 365 135-X, 365 140-X



ARBEITSSCHUTZ UND HAUTSCHUTZ

Seit vielen Jahren stehen die berufsbedingten Hauterkrankungen mit an der Spitze aller Berufskrankheiten. Neue, chemisch sehr reaktionsfähige Stoffe werden in der Industrie zunehmend verarbeitet. Naturgemäß ist die Haut der Hände am meisten gefährdet:

- Durch direkte toxische Schädigung
- Nach Abnutzung und Erschöpfung der Widerstandskraft
- Durch zunehmende Empfindlichkeit der Haut (Sensibilisierung bis zur Allergie)
- Nach Alterung der Haut

Gefahrstoffe

Allen Stoffen, die den natürlichen Säure-, Fett- und Hornmantel der Haut zerstören, sollte der direkte Kontakt mit der Haut verwehrt werden. Man kann sie in drei große Gruppen einteilen:

- Wasserlösliche Stoffe
- Wasserunlösliche Stoffe
- Stoffe, die in Verbindung mit Licht zu Schaden führen

Hautschutz

Geschützt werden muß die gesunde Haut, die abgenutzte, alternde und die empfindliche Haut.

Um Berufskrankheiten zu vermeiden, gibt es nur eine Forderung: "Vorbeugen ist besser als heilen!" Daher steht an erster Stelle der **gezielte prophylaktische Hautschutz**.

Dieser wird durch Hautschutzpräparate erreicht, deren Salbengrundlage in den vorgenannten Stoffgruppen unlöslich ist. Sie müssen eine gute Haftfähigkeit besitzen und sich mit dem Hautfett und Schweiß verbinden, ohne den Hautstoffwechsel zu stören. Außerdem sollen sie die Hautreinigung nach der Arbeit erleichtern.

Hautreinigung

Schmutz und unsichtbare Schadstoffe müssen durch gründliches Händewaschen und reichliches Abspülen von der Haut entfernt werden. Dabei soll die Belastung der Haut möglichst niedrig gehalten werden, denn das Entfernen des natürlichen und notwendigen Hautfetts beeinträchtigt die normale Hautfunktion.

Hautpflege

Der Hautpflege kommt eine große Bedeutung zu, die leider oft vernachlässigt wird. Durch geeignete Präparate werden an der Haut entstandene Schäden nach der Arbeit wieder ausgeglichen. Die erforderliche Pflege hängt vom Hauttyp, vom Arbeitsprozeß, von der Jahreszeit, von Kälte, Wind und Luftfeuchtigkeit ab.

INDUSTRIAL SAFETY AND SKIN PROTECTION

For many years, occupational dermatoses have been the joint number one of all occupational diseases. The industries are processing new, highly reactive substances on an ever greater scale. It is inevitably the skin on the hands that is most at risk:

- *Through direct toxic effects,*
- *When the skin has lost most or all of its resistance,*
- *When the skin has become increasingly sensitive (from sensitisation to allergy),*
- *When the skin has aged.*

Hazardous substances

All substances that destroy the skin's natural acid-resisting, fatty, and horny layers must be prevented from coming into direct contact with the skin. These substances can be divided into three major groups:

- *Water-soluble substances,*
- *Water-insoluble substances, and*
- *Phototoxic substances, or substances that do harm under the effects of light.*

Skin protection

Protection must be provided for skin, no matter its condition.

*There is only the one procedure for effectively counteracting occupational diseases, namely "prevention is better than cure". In other words, **targeted, prophylactic skin protection** must be given top priority.*

This is achieved with skin protection preparations whose ointment base does not dissolve in the substance groups listed above. They must exhibit good adhesiveness and bond with cutaneous fat and sweat without disrupting the skin's metabolism. Furthermore, the preparation should facilitate cleaning of the skin after the work.

Cleaning the skin

Dirt and invisible harmful substances must be removed: the hands are thoroughly washed and the skin is rinsed with copious amounts of water. At the same time, the stress placed on the skin must be minimised to the greatest possible extent. After all, the skin's proper functioning is also impaired when the natural and necessary layer of cutaneous fat is removed.

Skin care

Great importance must be attached to skin care, which is otherwise neglected all too often.

Suitable preparations serve to balance out the harm done to the skin after work. The care needed depends on the skin type, the work process, the season, the cold, the wind, and the air humidity.



3-M Feinstaubmaske 8710 E-Plus

Leichte Maske zum Schutz vor Partikeln inerter Stoffe nach MAK-Wert-Liste (Schleifstaub, z.B. GFK-Lamine, Holz etc.)

Hoher Tragekomfort, eine Maske wiegt nur 10 g.

Packungsgrößen 1 St., 5 St., 50 St.
Bestell-Nr. 370 100-X



3-M fine dust mask 8710 E-Plus

Lightweight mask as a protection against particles of inert substances in accordance with the list of industrial threshold limit values (grinding dust, e.g. GRP laminates, wood, etc.).

High comfort: the mask weighs only 10 g.

*Packaged quantities: 1 pce, 5 pcs, 50 pcs
Order no. 370 100-X*

Feinstaubmaske Seybol 440

Leichte Maske zum Schutz vor Partikeln inerter Stoffe nach MAK-Wert-Liste (Schleifstaub, z.B. GFK-Lamine, Holz etc.). Preiswerte, aber dennoch sehr gute Qualität.

Packungsgrößen 1 St., 5 St., 20 St.
Bestell-Nr. 372 100-X



Fine dust mask Seybol 440

Lightweight mask as a protection against particles of inert substances in accordance with the list of industrial threshold limit values (grinding dust, e.g. GRP laminates, wood, etc.). Low-priced, but very high quality.

*Packaged quantities: 1 pce, 5 pcs, 20 pcs
Order no. 372 100-X*

Gasschutzmaske

Die Halbmaske, versehen mit Partikelfilter, Gasfilter oder Filterkombinationen, schützt gegen gesundheitsschädliche Schwebstoffpartikel, Gase und Gemische daraus. Sie ist aus anschiessamem, hautfreundlichem Neopren hergestellt.

Filter bitte extra bestellen.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 370 104-1

Gas masks



This half-mask, featuring a particle filter, gas filter, or combined filters, protects against harmful suspended particulates, gases, or mixtures of both. It is made of soft neoprene that's kind to the skin. Please order filters separately.

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 370 104-1

Filterwechsel

Gasfilter werden spätestens bei Wahrnehmung von Geruch oder Geschmack gewechselt. Die Filterstandzeit hängt von der Schadstoffkonzentration ab.

Partikelfilter sollten gewechselt werden, wenn ein erhöhter Einatemwiderstand, Geruch oder Geschmack wahrnehmbar ist.

Einsatzgrenzen

Gasfilterklasse A 2
0,5 Vol.-%; 5000 ml/m³(ppm) höchstzulässige Schadgas-Konzentration

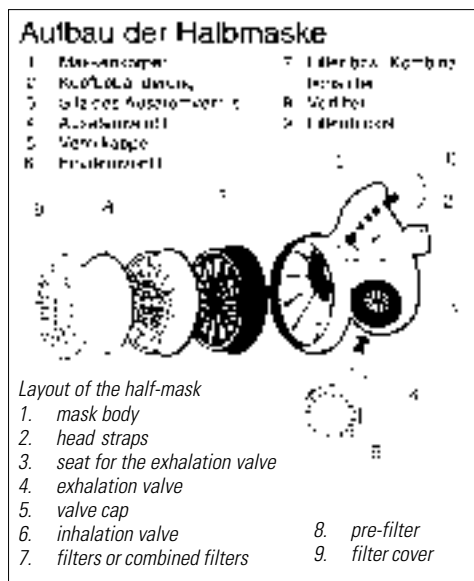
Partikelfilter P 2

10-fache des MAK/TRK-Wertes höchstzulässige Schadstoff-Konzentration

Gas/Schwebstoff-Gemische

Grobstaubfilter und Gasfilter werden durch einfaches Zusammenstecken kombiniert, und zwar immer in der Reihenfolge: Halbmaske, Gasfilter A 2,

Changing the filters



Gas filters are changed at the latest when the wearer notices an odour or taste. The filter's useful life depends on the concentration of harmful substances.

Particle filters should be changed when breathing becomes difficult or the wearer notices an odour or taste.

Application limits

Gas filter A 2

0.5% vol.; 5000 ml/m³ (ppm) maximum permissible concentration of harmful gases

Particle filter P 2

10 times the industrial threshold limit value and the technical orientation concentration with respect to the maximum permissible concentration of harmful substances **Mixtures of gas and suspended particles** A coarse dust filter and gas filter are simply fitted together to form a combined unit in the following order: half-mask, gas filter A 2, coarse dust filter.

Gasschutzfilter A 2

Kennfarbe braun; schützt gegen organische Dämpfe, z.B. Lösungsmittel, Styrol, Epoxyharze, Härter etc. Kann **nicht** mit P2-Filter kombiniert werden.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 370 101-X

Gas filter A 2



*Identification colour brown; protects against organic vapours, e.g. solvents, styrene, epoxy resins, hardeners, etc. **Cannot** be combined with a P 2 filter.*

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 370 101-X

Partikelfilter P 2

Kennfarbe weiß; schützt gegen gesundheitsschädliche Stäube, Nebel, Rauche sowie Asbest. Kann **nicht** mit A2-Filter kombiniert werden.

Packungsgrößen 1 Stück, 5 Stück
Bestell-Nr. 370 102-X

Particle filter P 2



*Identification colour white; protects against harmful dust, aerosols, smoke, and asbestos. **Cannot** be combined with an A 2 filter.*

Packaged quantity: 1 pce, 5 pcs
Order no. 370 102-X

Vorfilter

Grobstaubfilter, schützt A2-Gasfilter oder P2-Partikelfilter vor übermäßiger Verschmutzung z.B. durch Schleifstaub.

Coarse dust filter, protects an A 2 gas filter or P 2 particle filter from excessive soiling, e.g. with grinding dust.



Seybol Gasschutzmaske 987

Die Halbmaske, versehen mit Partikelfilter, Gasfilter oder Filterkombinationen, schützt gegen gesundheitsschädliche Schwebstoffpartikel, Gase und Gemische daraus. Sie ist aus anschmiegsamem, hautfreundlichem Neopren hergestellt.

Preiswerte, aber dennoch sehr gute Qualität.

Filter bitte extra bestellen.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 372 104-1



Seybol gas mask 987

This half-mask, featuring a particle filter, gas filter, or combined filters protects against harmful suspended particulates, gases, or mixtures of both. It is made of soft neoprene that's kind to the skin. Low-priced, but very high quality.

Please order filters separately.

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 372 104-1

Seybol Gasschutzfilter A 1

Kennfarbe braun; schützt gegen organische Dämpfe, z.B. Lösungsmittel, Styrol, Epoxyharze, Härter etc.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 372 101-X



Seybol gas filter A 1

Identification colour brown; protects against organic vapours, e.g. solvents, styrene, epoxy resins, hardeners, etc.

Packaged quantity: 1 pce
Order no. 372 101-X

Seybol Partikelfilter P 2

Kennfarbe weiß; schützt gegen gesundheitsschädliche Stäube, Nebel, Rauche sowie Asbest.

Packungsgrößen 1 Stück, 5 Stück
Bestell-Nr. 372 102-X



Seybol particle filter P 2

Identification colour white; protects against harmful dust, aerosols, smoke, and asbestos.

Packaged quantity: 1 pce, 5 pcs
Order no. 372 102-X

Seybol Vorfilter

Grobstaubfilter, schützt A2-Gasfilter oder P2-Partikelfilter vor übermäßiger Verschmutzung z.B. durch Schleifstaub.

Packungsgrößen 1 Stück, 5 Stück
Bestell-Nr. 372 103-X



Seybol pre-filter

Coarse dust filter, protects an A 2 gas filter or P 2 particle filter from excessive soiling, e.g. with grinding dust.

Packaged quantity: 1 pce, 5 pcs
Order no. 372 103-X

Einweghandschuhe PE

Preiswerte, transparente Einweghandschuhe zum schnellen Überstreifen.

PE-Handschuhe sind hauptsächlich für kurzzeitiges Arbeiten gedacht. Bei längerem Gebrauch können sich die Schweißnähte öffnen, so daß nur noch ein unvollständiger Schutz vorhanden ist. Gegebenenfalls können auch zwei Handschuhe getragen werden.

Polyethylen (PE) ist gegen die meisten Lösemittel beständig.



Disposable PE gloves

Low-priced, transparent disposable gloves that can be pulled quickly over the hands.

PE gloves are designed primarily for short work. When the gloves are used for longer periods, the seams may open, and protection is incomplete.

If necessary, two pairs of gloves can also be worn. Polyethylene (PE) is resistant to most solvents.

Lieferbare Größen
XL, große Ausführung

Available sizes
XL, large design

Packungsgröße 100 Stück
Bestell-Nr. 370 105-1

Packaged quantities: 100 pcs
Order no. 370 105-1

Latex-Handschuhe

Nahtloser, elastischer Handschuh aus Naturkautschuk. In steriler Umgebung gewaschen, geprüft und verpackt.

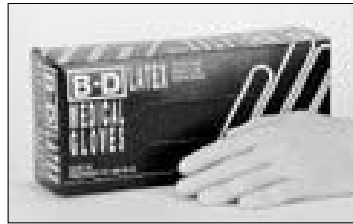
R&G Latex-Handschuhe haben einen festen Rollrand.

Latex-Handschuhe erlauben ein längeres Arbeiten. Das Tastgefühl wird kaum beeinträchtigt.

Lieferbare Größen

Größe S (klein), Größe M (mittel) und Größe L (groß), XL (extra groß)

Packungsgrößen 20 St., 100 St., 1000 St.
Bestell-Nr. 370 109-X bis 370 112-X



Latex gloves

Seamless, elastic glove of natural rubber. Washed, inspected, and packaged in a sterile environment.

R&G latex gloves have a firm rolling edge.

Latex gloves are ideal for long-term work whereby the sense of touch is not affected.

Available sizes

Size S (small), size M (medium), and sizes L (large) and

XL (extra large).

*Packaged quantities: 20 pcs, 100 pcs, 1000 pcs
Order nos. 370 109-X to 370 112-X*

Vinylhandschuhe

Nahtloser, elastischer Handschuh aus Vinyl. Puderfrei. In steriler Umgebung gewaschen, geprüft und verpackt.

Speziell für Verarbeiter mit einer Latex-Allergie.

Vinyl-Handschuhe erlauben ein längeres Arbeiten. Das Tastgefühl wird kaum beeinträchtigt.

Lieferbare Größen

Größe S (klein), Größe M (mittel) und Größe L (groß), XL (extra groß)

Packungsgrößen 100 St., 1000 St.
Bestell-Nr. 370 115-X bis 370 118-X



Vinyl gloves

Seamless, elastic glove of vinyl. Powder-free. Washed, inspected, and packaged in a sterile environment.

Designed specifically for processors with a latex allergy.

Vinyl gloves are ideal for long-term work whereby the sense of touch is not affected.

Available sizes

Size S (small), size M (medium), and sizes L (large) and XL (extra large).

*Packaged quantities: 100 pcs, 1000 pcs
Order nos. 370 115-X to 370 118-X*



Hautschutz Lordin® Protect T

Schutzfilmsalbe mit Hautschutz Panol gegen wasserunlösliche Berufsstoffe, vor allem Harze, Härter und Kleber. Protect-T-Salbe ist fett- und siliconfrei, transparent und wasserlöslich.

Zusammensetzung

Hautschutzstoff Panol (Eiweißhydrolysat), Talkum, amorphe Kieselsäure, Polyethylenglykole in einer glycerinhaltigen, wässrigen Grundlage mit natürlichen Quellstoffen.

Inhaltsstoffe (INCI)

Aqua, PEG 6, PEG 32, Talc, Glycerin, Bentonite, Silica, Hydrolyzed Collagen, Imidazolidinyl Urea, Methylisothiazolinone, Methylchloroisothiazolinone, Parfum.

Produkteigenschaften

Der wasserlösliche Schutzfilm verhindert den direkten Hautkontakt mit wasserunlöslichen Berufsstoffen. Aufgrund des hohen Feststoffanteils werden Hautrillen und Risse ausgefüllt, die Angriffsfläche für Schadstoffe und Schmutz wird verringert. Die Hautreinigung nach der Arbeit, insbesondere mit stark haftenden Berufsstoffen wird wesentlich erleichtert.

Anwendungsgebiete

Zum Schutz der Haut beim Umgang mit wasserunlöslichen und stark haftenden Berufsstoffen, wie z.B. Öle, Lösemittel, Harze, Lacke. Zur Erleichterung der Hautreinigung nach der Arbeit.

Anwendungshinweis

Die fettfreie Schutzfilmsalbe vor jedem Arbeitsbeginn auf die gereinigte Haut auftragen und gleichmäßig verteilen.

Technische Daten

pH Wert: $6,5 \pm 0,2$
Viskosität: 12000 ± 2000 mPa·s
Dichte: 1,18 g/ml

Lagerbeständigkeit

30 Monate im geschlossenen Gebinde. Vor Frost schützen.

Packungsgröße 100 ml
Bestell-Nr. 370 125-1

Lordin® Protect T skin protection



Containing the skin-protecting agent Panol, this ointment forms a protective film on the skin against water-insoluble substances encountered at the workplace, above all resins, hardeners, and adhesives. Protect T ointment is free of grease and silicone, transparent, and water-soluble.

Composition

Skin-protecting agent Panol (protein hydrolysate), talc, amorphous silicic acid, polyethylene glycols in a watery base containing glycerol and natural swelling agents.

Ingredients (INCI)

Aqua, PEG 6, PEG 32, talc, glycerol, bentonite, silica, hydrolysed collagen, imidazolidinyl urea, methylisothiazolinone, methylchloroisothiazolinone, perfume

Product properties

The water-soluble protective film prevents water-insoluble agents from coming into direct contact with the skin. With its high solids content, the film fills out all ridges and cracks in the skin, minimising the area of attack from harmful substances and dirt. This considerably facilitates cleaning the skin after work, in particular with respect to stubborn soiling.

Range of applications

Protects the skin during work against water-insoluble and stubborn agents, e.g. oils, solvents, resins, varnishes, and facilitates cleaning of the skin after work.

Notes on use

The grease-free protective ointment must be rubbed uniformly into the cleaned skin before work is started.

Specifications

pH value: 6.5 ± 0.2
Viscosity: $12,000 \pm 2000$ mPa·s
Density: 1.18 g/ml

Shelf life

30 months in the sealed tube (protect against frost)

Packaged quantity: 100 ml
Order no. 370 125-1

Handreiniger Lordin® Fluid Spezial

Flüssiger Handreiniger mit Lösemittel. Zur hautschonenden Reinigung von Lack- und Farbverschmutzungen. Vielseitig anwendbar bei stark haftenden Verschmutzungen durch Harze, Klebstoffe, Teer etc. Lordin® Fluid Spezial ist seifenfrei, pH-neutral, enthält biologisch abbaubare waschaktive Substanzen und unterliegt keiner Gefahrenklasse.

Zusammensetzung

Anionische Tenside, nichtionogene Tenside, Emulgatoren und Essigsäureester in wässriger Lösung.

Inhaltsstoffe (INCI)

Aqua, 3-Methoxybutylacetat, TEA-Dodecylbenzenesulfonate, PEG 7 Oleate, Oleth 5, Cocamide DEA, Parfum

Produkteigenschaften

Biologisch abbaubare waschaktive Substanzen, Emulgatoren und ein geringer Anteil an Lösemitteln auf Basis von Essigsäureester ermöglicht eine hautschonende Reinigung von Lack- und Farbverschmutzungen. Auf den haut- und gesundheitsschädlichen Gebrauch von konzentrierten Lösemitteln kann verzichtet werden.

Anwendungsgebiete

Vielseitig anwendbar bei stark haftenden Verschmutzungen wie z.B. Harze, Lacke, Klebstoffe, Teer u.ä.

Anwendungshinweis

Geringe Menge in die trockenen Hände geben und so lange verreiben bis die Verschmutzung gelöst ist. Mit wenig Wasser weiterwaschen, und dann mit viel Wasser gründlich abspülen und gut abtrocknen.

Technische Daten

pH-Wert: $7,0 \pm 0,5$
Viskosität: 200 mPa·s
Dichte: 1,014 g/ml

Ökologische Daten

Die in Lordin® Fluid Spezial enthaltenen Tenside sind entsprechend den Anforderungen der Tensidverordnung zum Wasch- und Reinigungsmittelgesetz durchschnittlich zu mindestens 90 % biologisch abbaubar.

Lagerbeständigkeit

30 Monate im geschlossenen Gebinde.

Packungsgröße 1000 ml
Bestell-Nr. 370 130-2

Hand cleanser Lordin® Fluid Spezial

Liquid hand cleanser with solvent for gently cleaning the skin of varnish and paint residue as well as stubborn soiling from many other substances such as resins, adhesives, tar, etc. Lordin® Fluid Spezial is soap-free and neutral, contains biodegradable detergent surfactants, and is not listed in any danger class.

Composition

Anionic surfactants, non-ionogenic surfactants, emulsifiers, and acetates in an aqueous solution.

Ingredients (INCI)

Aqua, 3-methoxybutyl acetate, TEA dodecylbenzene sulphonate, PEG-7 oleates, Oleth-5, cocamide DEA, perfume

Product properties

Biodegradable detergent surfactants, emulsifiers, and a small proportion of acetate-based solvents help to clean the skin gently of varnish and paint residue. The skin and bodily health suffer no harm usually associated with concentrated solvents.

Range of applications

Stubborn soiling from many other substances such as resins, varnishes, adhesives, tar, etc.

Notes on use

Apply a small quantity to the hands when dry, and rub it in until the soiling has dissolved. Continue washing with a small quantity of water, then thoroughly rinse the hands with copious amounts of water before drying well.

Specifications

pH value: 7.0 ± 0.5
Viscosity: 200 mPa·s
Density: 1.014 g/ml

Ecological data

On average, at least ninety per cent of the surfactants Lordin® Fluid Spezial contains are biodegradable. This is in line with the requirements listed in the regulations governing the use of surfactants under the washing and cleaning agent act.

Shelf life

30 months in the sealed bottle.

Packaged quantity: 1000 ml
Order no. 370 130-2





Cewi San® Handwaschcreme

Flüssige, milde Handwaschcreme, seifenfrei, pH-Wert hautneutral und biologisch abbaubar, mit Hautschutz Panol.

Zusammensetzung

Anionische Tenside, nichtionogene Tenside, perlglanzgebende Substanzen, Hautschutzstoff Panol (Eiweißhydrolysat), Konservierungsstoffe, Duftstoffe, Farbstoffe.

Inhaltsstoffe (INCI)

Aqua, Sodium Laureth Sulfate, Disodium Laureth Sulphosuccinate, Cocamide DEA, Glycol Cetearate, Cocamidopropyl Betaine, Hydrolyzed Collagen, Sodium Chloride, Parfum, Citric Acid, Benzophenone 4, DMDM Hydantoin, C.I. 14720, Methylisothiazolinone, Methylchloroisothiazolinone, Benzyl Alcohol

Produkteigenschaften

Milde Tenside und hautpflegende Stoffe sichern eine hautschonende Reinigung, auch bei Dauergebrauch. Tenside aus der Gruppe der Sulfobernsteinsäureester ergeben hinsichtlich der Hautverträglichkeit mit anionischen Tensiden Verträglichkeitsverbesserungen. Zusätzlich wirkt der Hautschutzstoff Panol (Eiweißhydrolysat) aufgrund seiner hautverwandten Struktur vorbeugend gegen ihr Austrocknen. Durch den schwach sauren pH-Wert bleibt der Säureschutzmantel der Haut erhalten.

Anwendungsgebiete

Für ständigen Einsatz in Büros und Verwaltungen.

Anwendungshinweis

Geringe Menge ohne Wasserzugabe gleichmäßig auf der Haut verteilen. Mit wenig Wasser weiterwaschen, gründlich abspülen und abtrocknen.

Technische Daten

% WAS 13,25
pH-WERT: 6,5 ± 0,2
Viskosität: 2500 ± 500 mPa·s
Dichte: 1,03 g/ml

Ökologische Daten

Die in CEWI-San enthaltenen Tenside sind entsprechend den Anforderungen der Tensidverordnung zum Wasch- und Reinigungsmittelgesetz durchschnittlich zu mindestens 90% biologisch abbaubar.

Lagerbeständigkeit

30 Monate im geschlossenen Gebinde.

Packungsgröße 1 Liter
Bestell-Nr. 370 132-X

Cewi San® hand washing cream

Liquid, mild hand washing cream, soap-free, neutral pH value, biodegradable, with skin-protecting agent Panol.

Composition

anionic surfactants, non-ionogenic surfactants, pearl gloss agents, skin-protecting agent Panol (protein hydrolysate), preservatives, perfumes, colourants

Ingredients (INCI)

Aqua, sodium laureth sulphate, disodium laureth sulphosuccinate, cocamide DEA, glycol cetearate, cocamidopropyl betaine, hydrolysed collagen, sodium chloride, perfume, citric acid, benzophenone 4, DMDM hydantoin, CI 14720, methylisothiazolinone, methylchloroisothiazolinone, benzyl alcohol

Product properties

Mild surfactants and skin care agents help to clean the skin gently – even with extended use. The surfactants from the group of sulphosuccinates are anionic and so ensure the product's compatibility with the skin. In addition, the skin-protecting agent Panol (protein hydrolysate) exhibits a structure similar to skin and so acts as a prophylactic against the skin's drying out. The weakly acidic pH value does not affect the acid-resisting layer of the skin.

Range of applications

For constant use in offices and administrative buildings.

Notes on use

Spread small amounts uniformly over the skin without water. Continue washing with a small quantity of water, rinse thoroughly, and dry.

Specifications

% detergent surfactants: 13.25
pH value: 6.5 ± 0.2
Viscosity: 2500 ± 500 mPa·s
Density: 1.03 g/ml

Ecological data

On average, at least ninety per cent of the surfactants Cewi San® contains are biodegradable. This is in line with the requirements listed in the regulations governing the use of surfactants under the washing and cleaning agent act.

Shelf life

30 months in the sealed bottle.

Packaged quantity: 1 l
Order no. 370 132-X



Hautpflege Lordin® Care P

Pflegecreme für besonders beanspruchte Haut. Schützt, pflegt und regeneriert. Siliconfreie O/W Emulsion, schwach fettend, gut einziehend. Mit Hautschutz Panol, Allantoin, Panthenol und Kamillenextrakt

Zusammensetzung

Hautschutzstoff Panol (Eiweiß- hydrolysat), Panthenol, Allantoin und Kamillenextrakt in einer O/W Emulsion, Fettphase zusammengesetzt aus Fettalkoholen, Fettsäureestern, Lanolin, Mono- und Diglyceriden.

Inhaltsstoffe (INCI)

Aqua , Glyceryl Stearate, TEA-Stearate, Isopropyl Myri-state , Isopropyl Palmitate, Cetearyl Alcohol, Lanolin, D-Panthenol, Hydrolyzed Collagen, Chamomilla Recutita, Allantoin, Titanium Dioxide, Methylisothiazolinone, Methylchloroisothiazolinone, Imidazolidinyl Urea, Parfum.

Produkteigenschaften

Hautfreundliche Fette und Öle regulieren den natürlichen Fett- und Feuchtigkeitshaushalt der Haut. Hautschutzstoffe wie Panthenol, Allantoin und Panol wirken pflegend und beschleunigen die Hautregeneration. Kamillenextrakt lindert Entzündungen. Die Pflegecreme dringt schnell in die Haut ein, ohne einen spürbaren Fettfilm zu hinterlassen. Der hautneutrale pH-Wert stabilisiert den Säureschutzmantel der Haut.

Anwendungsgebiete

Zur Dauerpflege aller Hauttypen nach der Arbeit, zum Schutz der Haut vor allgemeinen Belastungen.

Anwendungshinweis

Entsprechende Menge der Pflegecreme auf der trockenen, sauberen Haut gleichmäßig verteilen und sorgfältig einmassieren.

Technische Daten

pH-Wert: $6,5 \pm 0,3$
Viskosität: 7000 ± 500 mPa·s
Dichte: 0,99 g/ml

Lagerbeständigkeit

30 Monate im geschlossenen Gebinde. Vor Frost schützen.

Packungsgrößen 100 ml
Bestell-Nr. 370 126-X

Skin care Lordin® Care P

Care cream for highly stressed skin. Protects, cares, and regenerates. Silicone-free O/W emulsion, slightly fatty, absorbs well. With skin-protecting agent Panol, allantoin, panthenol, and chamomile extract.



Composition

skin-protecting agent Panol (protein hydrolysate), panthenol, allantoin, and chamomile extract in an O/W emulsion, fatty phase consisting of fatty alcohols, fatty acid esters, lanolin, mono- and diglycerides

Ingredients (INCI)

Aqua, glyceryl stearate, TEA stearate, isopropyl myristate, isopropyl palmitate, cetearyl alcohol, lanolin, D-panthenol, hydrolysed collagen, Chamomilla recutita, allantoin, titanium dioxide, methylisothiazolinone, methylchloroisothiazolinone, imidazolidinyl urea, perfume

Product properties

Fats and oils that are kind to the skin regulate the skin's natural balance of fats and moisture content. Panthenol, allantoin, and Panol are gentle skin-protecting agents and help to accelerate the skin's regeneration. The chamomile extract soothes inflammation. This care cream is quickly absorbed into the skin without leaving a perceptible fatty film. The neutral pH value stabilises the skin's acid-resisting layer.

Range of applications

For constant use on all skin types after work, for protecting the skin against general stress situations.

Notes on use

Spread the corresponding quantity of care cream uniformly over the dry, clean skin, and rub in carefully.

Specifications

pH value: 6.5 ± 0.3
Viscosity: 7000 ± 500 mPa·s
Density: 0.99 g/ml

Shelf life

30 months in the sealed tube. Protect from frost.

Packaged quantity: 100 ml
Order no. 370 126-X

SONSTIGES ZUBEHÖR

Solar-Digitalwaage

Markengerät von MAUL. Die Waage eignet sich zum exacten Dosieren von Harz- und Härtermengen ab 4 g.

Tragkraft 2000 g
Feinteilung ab 4 bis 100 g = 0,5 g
ab 100 bis 2000 g = 1 g

- Wiegt mit Solarenergie
- Überschüssige Energie wird gespeichert
- Ein-Tasten-Bedienung
- Hold-Funktion zur Speicherung des Anzeigewertes
- Abschaltautomatik, automatische Nullstellung

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 390 100-1



OTHER ACCESSORIES

Solar-powered digital scales

Brand device from MAUL. These scales are suitable for the precise dosing of resin and hardener quantities from 4 g.

Max load: 2000 g
Fine divisions: from 4 g to 100 g = 0.5 g
from 100 to 2000 g = 1 g

- Operates with solar energy
- Excess energy is stored
- One-touch operation
- Hold function for storing the displayed value
- Automatic off, automatic reset to zero

Packaged quantity: 1 pce
 Order no. 390 100-1

Kopier-Vlies weiß

Geeignet für Laser- und Tintenstrahldrucker und Kopiergeräte. Damit können Sie einfach und preiswert Typenschilder, Sicherungsetiketten und Produktkennzeichnungen selbst anfertigen, ohne sofort große Druckauflagen zu bestellen. Die Vliesetiketten werden einfach nach Bedarf kopiert und einlaminiert absolut fälschungssicher und damit auch ideal zur sicheren Identifikation Ihrer Produkte z.B. gegenüber Billigimporten.

Wichtiger Hinweis

normale Glas- oder Polyestervliese zerstören sofort die Bildtrommel bzw. Fixiereinheit Ihres Gerätes. Nur dieses Kopier-Vlies wurde speziell für diese Verarbeitung entwickelt!

Technische Daten

Gewicht: 40 g/m²
 Dicke: 0,28 mm
 Höchstzugkraft: 55-60 N/50 mm
 Höchstzugkraftdehnung: 7-8 %
 Binder: styrolunlöslich
 Vliesstruktur: wirr

Packungsgrößen 10, 50, 100 Bogen
 Bestell-Nr. 190 164-X

Copier card webs, white



Suitable for laser and ink-jet printers as well as photocopiers, these webs let you design and print out your own ratings plates, safety labels, and product IDs, easily and economically, without the urgent need to order large print runs. The web labels are simply copied and laminated when needed – absolutely counterfeit-proof and so ideal for the reliable identification of your products, e.g. with respect to cheap imports.

Important note

Conventional glass or polyester webs immediately destroy developing tanks and fixing units. Only this copier card web has been specially designed for these applications.

Specifications

Weight: 40 g/cm²
 Thickness: 0.28 mm
 Maximum tensile force: 55–60 N per 50 mm
 Maximum elongation: 7–8%
 Binder: insoluble in styrene
 Web structure: random

Packaged quantities: 10, 50, 100 sheets
 Order no. 190 164-X

Styropor-Schneidedraht

Spezialdraht zum Schneiden von Schaumstoffen aus einer Metall-Legierung mit optimalen elektrischen und mechanischen Eigenschaften.

Der Schneidedraht wird in ein Schneidgestell eingespannt und von einer Stromquelle wie Trafo, Netzgerät oder Akku erhitzt.

Durchmesser: 0,5 mm
 Zugfestigkeit: > 21 kp
 elektrischer Widerstand: 5 Ω /cm
 Heizstrom: max. 45 V und max. 3,5 A



Polystyrene cutting wire

This special wire for cutting foams is made of a metal alloy with the optimum electrical and mechanical properties.

The cutting wire is clamped in a frame and heated with electricity provided by a transformer, power pack, or accumulator.

*Diameter: 0.5 mm
 Tensile strength: >210 N
 Electrical resistance: 5 Ω /cm
 Heating power: max 45 V, max 3.5 A*

Daten

Specifications

Länge cm Length cm	Spannung V Voltage V	Leistung W Power W
20	4	14
40	8	28
60	12	42
80	16	56
100	20	70
120	24	84
140	28	98
160	32	112
180	36	126
200	40	140

Packungsgrößen 10 m
 Bestell-Nr. 405 100-1

*Packaged quantity: 10 m
 Order no. 405 100-1*



KAPITEL 11

CHAPTER 11

INHALT

CONTENTS

S.11.02 Atmosphärendruck
S.11.04 Vakuumpumpe P1
S.11.06 Vakuumpumpe P2
S.11.08 Vakuumpumpe P3
S.11.10 Zubehör

S.11.02 Atmospheric pressure
S.11.04 Vacuum pump P1
S.11.06 Vacuum pump P2
S.11.08 Vacuum pump P3
S.11.10 Accessories

ATMOSPHÄRENDRUCK

Die Erde ist von einer Lufthülle umgeben, deren Gewicht auf die Erdoberfläche drückt und den Atmosphärendruck erzeugt. Dieser Druck beträgt auf Meereshöhe 1013 mbar, dies entspricht einem Druck von ca. 1 kg/cm² oder 10.000 kg/m². Diesen hohen Druck nutzt man für das Pressen hochwertiger Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen. Dazu wird zunächst ein normales Laminat in der Form hergestellt, eine Vakuumfolie am Formenrand aufgeklebt und die Luft mittels Vakuumpumpe abgesaugt.

Je höher das Vakuum, umso höher der Druck der Atmosphäre auf das Laminat. Bei einem -theoretisch- **hundertprozentigen Vakuum** würde das Bauteil mit einer Kraft von **10.000 kg/m²** gepreßt werden.

Erreichbar sind mit dem Pumpen **P 2** und **P 3** ein Vakuum von ca. 90 % (= ca. 9 t/m²), mit der **P 1** ca. 55 % (= ca. 5,5 t/m²).

Bilder aus dem Flugzeugbau-Projekt von Dr.-Ing. Herbert Funke, Thomas und Mathias Strieker

Näheres im Internet <http://www.wabensandwich.de>

ATMOSPHERIC PRESSURE

The earth is enveloped in a layer of air whose weight presses against the earth's surface, giving rise to atmospheric pressure. At sea level this pressure measures 1013 mbar, which corresponds to approx. 1 kg/cm² – or 10,000 kg/m². This high pressure is utilised in the press moulding of high-quality components of fibre composites. Here, a normal laminate is first laid up in the mould, a vacuum film glued along the edges of the mould, and the air extracted by means of a vacuum pump.

The harder the vacuum, the higher the pressure the atmosphere exerts on the laminate. In the case of a (theoretical) **100 % vacuum**, the pressure acting on the component would be **10,000 kg/m²**.

The pumps **P 2** and **P 3** achieve vacuums up to approx. 90% (= approx. 9 t/m²), the pump **P 1** approx. 55% (= approx. 5.5 t/m²).

Photos documenting the Silence aircraft construction project conducted by Dr.-Ing. Herbert Funke, Thomas and Mathias Strieker

More information at <http://www.wabensandwich.de>

Abdichten der PE-Vakuumfolie mittels Siliconkautschuk (Dichtsilicon) am Formenrand



Silicone rubber (sealing silicone) is applied to the edges of the PE vacuum film on the mould

Im Bereich des Vakuumschlusses wird zusätzliches Saugvlies unterlegt, um ein Eindringen zu verhindern.



An additional non-woven absorber placed beneath the vacuum connection prevents it from being pressed into the mould surface

Auflegen der Folie und Abdichten am Formenrand. Da PE-Folie nur begrenzt dehnfähig ist, wird sie großzügig in Falten gelegt.

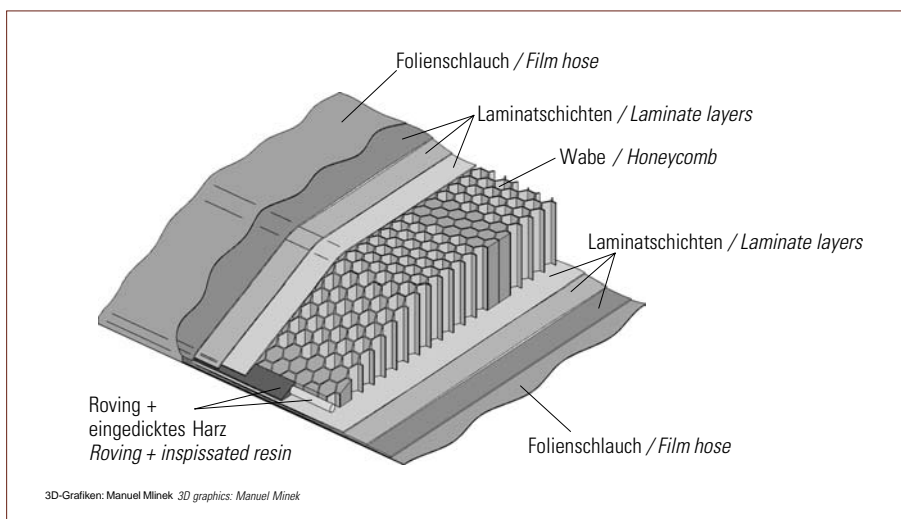


The film is placed and sealed on the edge of the mould. The PE film exhibits only limited extensibility, so it must be applied in generous folds.

11.02

Beispiel: Innenaufbau eines Trickski Herstellung im Folienschlauch

Example – internal structure of a trick ski manufactured in a film hose



VAKUUMPUMPE P 1

VACUUM PUMP P 1

Beschreibung

Kompakte, preiswerte Vakuumpumpe für den Dauereinsatz

Einsatzgebiete

Einsatz im Labor, zum Tiefziehen und in der Faser-verbundtechnik zur Herstellung von Vakuu-Laminaten und Sandwichbauteilen.

Bestell-Nr. 390 100-1

Daten

Description

Compact, low-priced vacuum pump for continuous duty

Fields of application

Applications in laboratories, deep drawing processes, and fibre composite technologies for manufacturing vacuum laminates and sandwich components.

Order no. 390 100-1

Specifications



Vakuumpumpe Vacuum pump P 1	Einheit Unit	Wert Value
Ansaugleistung Suction capacity	l/min	5 - 6
Vakuum Vacuum	bar	0,5 - 0,75
Vakuum Vacuum	%	max. 75
Druck Pressure	bar	max. 1,2
Motorleistung Motor rating	kW	0,046
Gewicht mit Gehäuse Weight with housing	g	1600
Elektrischer Anschluß Electrical connection	---	220 V, 50 Hz

11.04



P 1-Pumpe beim Herstellen eines Waben-Sandwich-Rumpfes im Modellbau

P 1 pump in the manufacture of a honeycomb sandwich structure for a model



Verpressen von Waben im Vakuum bei einer Nurflügel-Tragfläche (P2 oder P3-Pumpe erforderlich)

Vacuum press moulding of honeycombs for a flying wing (P 2 or P 3 pump required)



Verpressen von Waben im Vakuum bei einem Modellflugzeug-Rumpf (P1 Pumpe).

Vacuum press moulding of honeycombs for a model fuselage (P 1 pump).



Latex-Gummituch im Flugzeugbau

Latex rubber sheet in aircraft construction

VAKUUMPUMPE P 2

VACUUM PUMP P 2

Beschreibung

Description

Leistungsfähige Vakuumpumpe für den professionellen Dauereinsatz

Powerful vacuum pump for continuous duty in professional applications

Einsatzgebiete

Fields of application

Kompakte, leistungsfähige Vakuumpumpe für professionellen Dauereinsatz in der Produktion, vor allem beim Tiefziehen und in der Faserverbundtechnik zur Herstellung von **Vakuu-Laminaten** und **Sandwichbauteilen**.

Compact, powerful vacuum pump for continuous duty in professional production applications, above all in deep drawing processes and in fibre composite technologies for manufacturing **vacuum laminates** and **sandwich components**.

Bauweise

Design

- Ölfreier Betrieb
- Dauergeschmierte Kugellager
- Edelstahlventile
- Gewichtssparender Alu-Druckguß
- Ansaugfilter
- Hochleistungs-Kolbendichtung
- Geräuscharme Konstruktion
- Ausgewuchteter Exzenter, vibrationsarm

- Oil-free model
- Prelubricated life-sealed ball bearings
- Stainless-steel valves
- Weight-saving die-cast aluminium
- Suction filter
- Heavy-duty piston packing
- Low-noise design
- Balanced eccentric, low vibration levels



Alle mit dem Medium in Berührung kommenden Alu-Teile sind feuchtigkeitskorrosionsgeschützt, alle anderen Teile in Edelstahl gefertigt.

All aluminium parts coming into contact with the medium are protected against aqueous corrosion, all other parts are made of stainless steel.

Bestell-Nr. 390 101-1

Order no. 390 101-1

Daten

Specifications

Vakuum (mbar) Vacuum (mbar)	Durchfluß l/min Flow rate (l/min)	Druck/bar Pressure (bar)	Durchfluß l/min Flow rate (l/min)
0,00	45,3	0,00	45,3
-170	34,5	+0,70	39,6
-340	25,4	+1,40	35,4
-510	16,9	+2,10	32,0
-680	8,4	+2,75	28,8
-850	2,8	+3,45	26,6
Endvakuum -915 mbar Final vacuum -915 mbar		Zulässiger Druck bei Dauerbetrieb 3,45 bar Max pressure for continuous duty 3.45 bar	

**Daten****Specifications**

Vakuumpumpe P2 <i>Vacuum pump P 2</i>	Einheit <i>Unit</i>	Wert <i>Value</i>
Hub <i>Stroke</i>	mm	11,2
Arbeitsweise <i>Operating method</i>	—	Druck/Vakuum <i>Pressure/vacuum</i>
Max. zulässige Umgebungstemperatur <i>Max permitted ambient temperature</i>	°C	40
Min. Anlauftemperatur <i>Min start-up temperature</i>	°C	10
Max. Anlaufdruck <i>Max start-up pressure</i>	mbar	0
Max. Anlauf-Vakuum <i>Max start-up vacuum</i>	mbar	0
Motorleistung eff. <i>Effective motor rating</i>	Watt	125
Motortyp <i>Motor type</i>	—	Kondensator <i>Capacitor</i>
Strom bei Nennleistung <i>Current at rated capacity</i>	A	3,1
Leistung bei Nennleistung <i>Power at rated capacity</i>	W	320
Anlaufstrom (Rotor blockiert) <i>Starting current (rotor locked)</i>	A	5,05
Drehzahl bei Nennleistung <i>Speed at rated capacity</i>	min <i>rpm</i>	1570
Thermoschalter <i>Thermal cut-out</i>	—	Selbstrückstellend <i>Self-resetting</i>
Gewicht mit Gehäuse <i>Weight with housing</i>	g	5700
Elektrischer Anschluß <i>Electrical connection</i>	—	220 V, 50 Hz

VAKUUMPUMPE P 3

VACUUM PUMP P 3

Beschreibung

Description

Leistungsfähige Vakuumpumpe für den professionellen Dauereinsatz

Powerful vacuum pump for continuous duty in professional applications

Einsatzgebiete

Fields of application

Membran-Vakuumpumpe und Kompressor in tragbarer Ausführung.
 Diese zweiköpfigen Pumpen werden für folgende Förderungs- und Verdichtungsaufgaben verwendet:

Diaphragm vacuum pump and compressor in a portable format.
 These double-headed pumps are used for the following conveying and compression tasks:

- für die Erzeugung von ölfreier Druckluft und Vakuum
- zum Evakuieren, Fördern und Verdichten von Gasen
- Förderung von Meß- und Analysengasen

- Generation of oil-free compressed air and vacuum
- For evacuating, conveying, and compressing gases
- Transferring measuring and analysing gases



P3-Pumpe mit Feinregulierkopf und Vakuummeter

P 3 pump with fine controller and vacuum gauge

Die P3-Pumpe eignet sich besonders für das **Absaugen größerer Flächen** z.B. im **Flugzeugbau**.

The P 3 pump is ideal for **evacuating larger areas, e.g. in aircraft construction**.

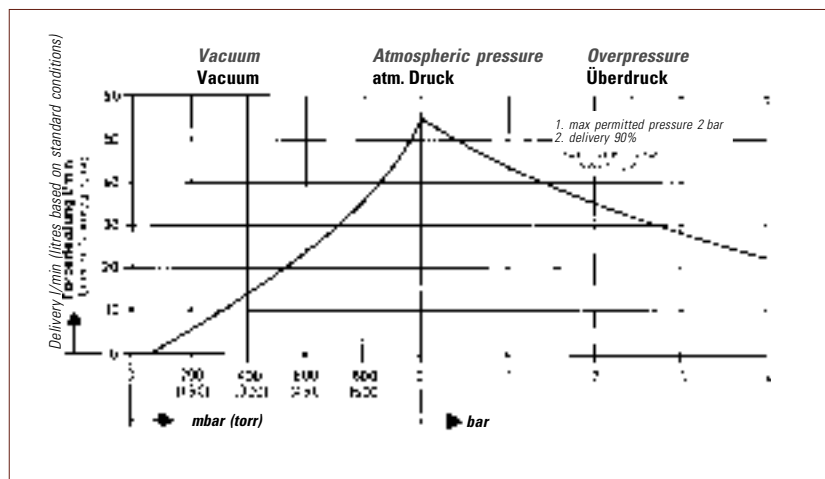
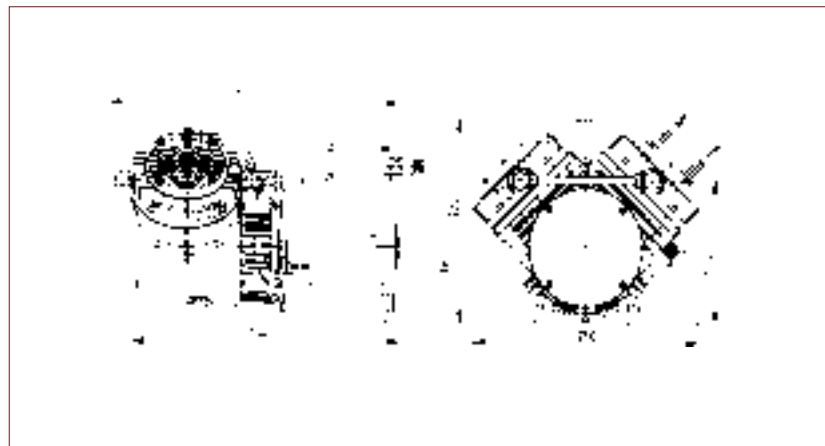
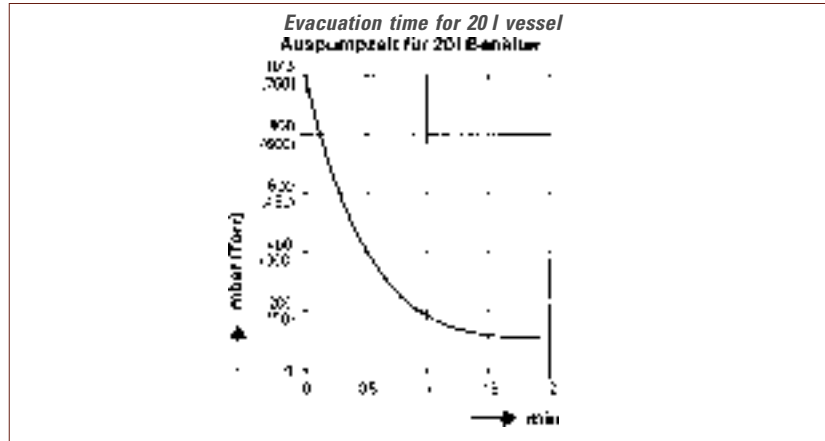
Bestell-Nr. 390 102-1

Order no. 390 102-1

Daten

Specifications

Vakuumpumpe P3 Vacuum pump P 3	Einheit Unit	Wert Value
Arbeitsweise Operating method	—	Druck/Vakuum Pressure/vacuum
Ansaugleistung bei Normaldruck Suction capacity at normal pressure	l/min	55
Vakuum Vacuum	bar	0,9
Max. Betriebsüberdruck Max operating pressure	bar	4
Motorleistung (Schutzart IP 20) Motor rating (system of protection IP 20)	W	200
Stromaufnahme Current intake	A	1,5
Max. zul. Gas- und Umgebungstemperatur Max permitted gas and ambient temperature	°C	40
Gewicht mit Gehäuse Weight with housing	g	11300
Elektrischer Anschluß Electrical connection	-----	220 V, 50H z
Pumpenkopf aus Aluminium, Membrane / Ventile aus Neopren / Edelstahl Pump head of aluminium, diaphragms / valves of neoprene / stainless steel		



3-fach Filter

Hochleistungsfilter aus Kunststoff für die P1-Pumpe.
 Der Filter wird in den Saugschlauch zur Pumpe eingesteckt. Er verhindert das Einsaugen von Schmutz und Staub und damit einen Leistungsabfall des Gerätes.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 390 105-1



Threefold filter

High-performance filter of plastic for the P 1 pump.
 The filter is inserted in the suction hose to the pump to protect the device from dirt and dust that would otherwise be detrimental to the delivery.

Packaged quantity 1 pce
 Order no. 390 105-1

Pumpenschlauch

Stabiler, knick- und druckfester PE- Schlauch, passend zur Vakuumpumpe P 1, P 2 oder P 3.
 Innendurchmesser 6 mm.

Packungsgrößen 1, 2, 3, 5, 10, 25 lfm
 Bestell-Nr. 390 110-X



Pump hose

Robust, non-kinking, and pressure-resistant hose suitable for vacuum pumps P 1, P 2, P 3; internal diameter 6 mm.

Packaged quantities 1, 2, 3, 5, 10, 25 lin. m
 Order no. 390 110-X

T-Einschraubstutzen

T-Stück zum Einbau in den Pumpenschlauch und zur Aufnahme der Messing-Muffe.

Passend für PE-Schlauch Ø 6 mm und Messing-Muffe 1/4" Gewinde.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 390 115-1



T screwed socket

T piece for installing in the pump hose and for receiving the brass bushing.

Suitable for PE hose of 6 mm diameter and brass bushing with 1/4" thread.

Packaged quantity 1 pce
 Order no. 390 115-1

Messing-Muffe

Verbindungsstück zwischen T-Einschraubstutzen und Vaku-Ventil bzw. zwischen T-Einschraubstutzen und Mano-Vakuummeter.
 1/4" Innengewinde.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 390 120-1



Brass bushing

For connecting a T screwed socket to a vacuum valve or to a vacuum meter; 1/4" female thread.

Packaged quantity 1 pce
 Order no. 390 120-1

Vaku-Ventil

Ablaßventil. Durch Herausdrehen der Einstellschraube wird seitlich Luft angesaugt und damit der Unterdruck reduziert.
 Eine Feinregulierung ist möglich, wenn das Gewinde der Einstellschraube noch mit Teflon®band abgedichtet wird.
 Anschluß: 1/4" Außengewinde.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 390 125-1



Vacuum valve

Drain valve with adjusting screw that when turned draws in air from the side to reduce the underpressure. The fine adjustments are possible when the adjusting screw's thread is sealed in addition with Teflon® tape.
 Connection: 1/4" male thread.

Packaged quantity 1 pce
 Order no. 390 125-1

Vakuummeter

Meßinstrument zur Kontrolle des eingestellten Unterdrucks.
 Meßbereich: 0 bis -1 bar.
 Anschluß: 1/4" Außengewinde.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 390 130-1



Vacuum gauge

Measuring instrument for monitoring the set underpressure; measuring range 0 to -1 bar.
 Connection: 1/4" male thread.

Packaged quantity 1 pce
 Order no. 390 130-1

Y + T-Verbinder

Abzweigstücke aus unzerbrechlichem Kunststoff, passend für den Pumpenschlauch.
Durchmesser 6 mm.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 390 135-1, 390 140-1



Y- and T-type connector

Branches of unbreakable plastic, suitable for the pump hose.
Diameter 6 mm.

Packaged quantity 1 pce
Order no. 390 135-1, 390 140-1

Schlauchverbinder

Verbindungsstück für abgeschnittene Pumpenschläuche.
Unzerbrechlicher Kunststoff.
Passend für PE-Schlauch Durchmesser 6 mm.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 390 150-1



Hose connector

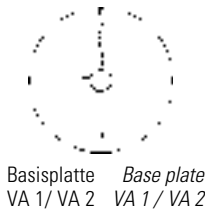
For connecting the severed ends of pump hoses.
Unbreakable plastic.
Suitable for PE hose with a diameter of 6 mm.

Packaged quantity 1 pce
Order no. 390 150-1

Vakuum-Anschlüsse VA 1 + VA 2

Geeignet für Vakuum-Folien jeder Art und passend für den R&G Pumpenschlauch 6 mm und damit für die gesamte Vakuum-Ausstattung von R&G.

Anwendung: Durch ein kleines Loch in der Vakuumfolie wird diese mittels Rändelschraube und Dichtring im Vakuum-Anschluß von Hand dicht eingeklemmt. Auf der Unterseite der Basisplatte sind Schlitzte eingefräst, so daß die Luft frei strömen kann.



Basisplatte VA 1 / VA 2 Base plate VA 1 / VA 2

Vacuum connections VA 1 + VA 2

Suitable for all types of vacuum films, connects to the 6 mm R&G pump hose and therefore the whole range of R&G vacuum equipment.

Application: A knurled screw with sealing ring integrated in the vacuum connection is turned by hand to clamp and seal the vacuum film through a small hole provided in it. Slots milled into the underside of the base plate allow the air to flow freely.

Vakuum-Anschluß VA 1

Professionell gestalteter Anschluß aus glanzvernickeltem Messing mit ausgezeichneten Eigenschaften in Bezug auf Dichtigkeit, einfache Anwendung und Langlebigkeit.

Basisplatte Ø 30 mm.

Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 390 157-1 passend für R&G Pumpenschlauch 6 mm



VA 1

Vacuum connection VA 1

For professional applications, this connection of bright nickel-plated brass exhibits superior sealing properties, ease of use, and long service life.

Base plate diameter 30 mm.

Packaged quantity 1 pce
Order no. 390 157-1, suitable for 6 mm R&G pump hose

Vakuum-Anschluß VA 2 und VA 3

Professioneller Vakuumanschluß aus Stahl mit Sockel-Ø 50 mm incl. 1/4 " Schlauchanschluß für 6 mm-PE-Schlauch.

Packungsgröße 1 Stück
VA 2 Bestell-Nr. 390 157-2 (ohne Ventil) passend für R&G Pumpenschlauch 6 mm

VA 3 Bestell-Nr. 390 157-3 (mit Ventil) für Pumpenschlauch 7,9mm



VA 3

Vacuum connection VA 2 and VA 3

For professional applications, this vacuum connection of steel has a foot diameter of 50 mm, incl. 1/4" connection for a 6 mm PE hose.

Packaged quantity 1 pce
VA 2 Order no. 390 157-2 (w/o valve), suitable for 6 mm R&G pump hose

VA 3 Order no. 390 157-3 (with valve), for 7.9 mm pump hose

Folienschlauch

Nahtlos hergestellter Unterdruckschlauch aus Polyethylen (PE), farblos transparent

Dicke 0,1 mm, 550 mm flachgelegte Breite, mehrfach wiederverwendbar.

Packungsgrößen 5, 10, 20, 50, 100, 250 m
Bestell-Nr. 390 160-X

Dicke 0,1 mm, 1200 mm flachgelegte Breite.

Packungsgrößen 5, 10, 20, 50, 100, 250 m
Bestell-Nr. 390 165-X



Film hose

Seamless vacuum hose of polyethylene (PE), transparent colourless.

Thickness 0.1 mm, collapsed width 550 mm, reusable.
Packaged quantities 5, 10, 20, 50, 100, 250 m
Order no. 390 160-X

Thickness 0.1 mm, collapsed width 1200 mm.
Package quantities 5, 10, 20, 50, 100, 250 m
Order no. 390 165-X

Lochfolie

Zugfeste, selbsttrennende Lochfolie zum Pressen von Laminaten im Vakuum. **Mehrfach verwendbar.**

Packungsgrößen 5, 10, 20, 50, 100, 375 m
 Bestell-Nr. 390 185-X

Perforated film

High-tensile, self-releasing perforated film for press moulding laminates in vacuum. **Reusable.**

Packaged quantities 5, 10, 20, 50, 100, 375 m
 Order no. 390 185-X



Daten

Specifications

Lochfolie Perforated film	
Max. Temperatur Max temperature	80 °C
Perforation Perforation	0,4 mm
Abstand Perforation Perforation pitch	10 mm
Dicke Thickness	0,025 mm
Breite Width	122 cm
Zugfestigkeit Tensile strength	ca. 1000 kg/cm ² approx. 1000 kg/cm ²
Bruchdehnung Elongation at break	ca. 80 % approx. 80 %
Dichte Density	0,9 g/cm ³
Farbe Colour	weiß-blau whitish blue

ProfiLine

Professionelles Vakuum-Schlauchsystem, das bestehend einfach anzuwenden ist: R&G Vakuumschlauch 6 mm einstecken, fertig. Zum Lösen einfach Federring eindrücken und Schlauch herausziehen. Die Verbindung ist stets luftdicht!

ProfiLine

Professional vacuum hose system that couldn't be easier to use ... Insert the 6 mm R&G vacuum hose, and you're done. To disconnect, simply push in the spring clip, and pull out the hose. The connection is always airtight!

ProfiLine T-Einschraubstutzen

Metall-T-Stück zum Einstecken des R&G Pumpenschlauchs 6 mm (Bestell-Nr. 390 110-X) und zur Aufnahme der Messing-Muffe (Bestell-Nr. 390 120-1).

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 390 115-2



ProfiLine T screwed socket

Metal T piece for inserting in the 6 mm R&G pump hose (order no. 390 110-X) and for receiving the brass bushing (order no. 390 120-1).

Packaged quantity 1 pce
 Order no. 390 115-2

ProfiLine T-Verbinder

Verzweigungsstück aus Metall, passend für den R&G Pumpenschlauch 6 mm (Bestell-Nr. 390 110-X). Schläuche einfach aufstecken und durch Druck auf Federring wieder lösen.

Packungsgröße 1 Stück
 Bestell-Nr. 390 140-2



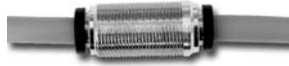
ProfiLine T-type connector

Branch of metal suitable for the 6 mm R&G pump hose (order no. 390 110-X). Simply connect the hose, and disconnect by pressing on the spring clip.

Packaged quantity 1 pce
 Order no. 390 140-2

ProfiLine Schlauchverbinder

Metall-Verbindungsstück für Pumpenschläuche (Bestell-Nr. 390 110-X). Schläuche einfach aufstecken und durch Druck auf Federring wieder lösen.



Packungsgröße 1 Stück
Bestell-Nr. 390 150-2

ProfiLine hose connector

Metal connector for pump hoses (order no. 390 110-X). Simply connect the hose, and disconnect by pressing on the spring clip.

Packaged quantity 1 pce
Order no. 390 15-2

Rein-Latex-Gummituch

Hochflexibles, transparentes Gummituch zum Vakuumpressen auch komplizierter Bauteile z.B. in Negativ-Formen.

Nicht selbsttrennend, daher nicht direkt auf dem Laminat verwenden. Um eine gleichmäßige Absaugung zu erreichen und die Folie vor Harzkontakt zu schützen, empfehlen wir folgenden Laminataufbau:

Laminat ▶ Abreißgewebe ▶ Lochfolie ▶ Saugvlies ▶ evtl. noch eine dünne PE-Folie oder Stretch-Folie ▶ Latex-Gummituch (siehe Schema Seite 11.2).



Das Latex-Gummituch wird mit dem doppelseitig klebenden Vakuum-Dichtband am Formrand befestigt. Tuch und Dichtband verkleben allerdings stark, so daß ein beschädigungsfreies Entfernen oft nicht möglich ist. Um dies zu verhindern, kann das Latex-Gummituch ggf. mit einem Trennmittel behandelt werden. Vorversuche sind empfehlenswert. Eine weitere Möglichkeit ist das Abdichten mittels Spannrahmen und Gummidichtung. Hier muß der Konstrukteur der Form eine geeignete Vorrichtung bauen.

Latex-Gummituch dunkel lagern, da UV-empfindlich.

Packungsgrößen
1 x 1 m, 1 x 2 m, 1 x 4 m, 2 x 4 m, 3 x 4 m, 4 x 4 m, 5 x 4 m, 10 x 4 m
Bestell-Nr. 390 175-X

Daten

Latex-Gummituch Latex rubber sheet	
max. Temperatur Max temperature 80 °C	80 °C
Dicke Thickness	0,3 mm
Zugfestigkeit Tensile strength	ca. 220 kg/cm ² approx. 220 kg/cm ²
Modul bei 500 % Dehnung Modulus at 500 % elongation	ca. 15 kg/cm ² approx. 15 kg/cm ²
Härte Hardness	35 ± 5 Shore 35 ± 5 Shore
Bruchdehnung Elongation at break	ca. 850 % approx. 850 %
Dichte Density	0,93 g/cm ³
Farbe Colour	gelblich-transparent transparent yellowish

Pure latex rubber sheet

Highly flexible, transparent rubber sheet for vacuum press moulding, also of complex parts e.g. in female moulds. This sheet is not self-releasing and therefore unsuitable for application directly on the laminate. So that evacuation takes place uniformly over the whole surface and there is no contact between the sheet and resin, we recommend the following laminate lay-up: laminate ▶ tear-off fabric ▶ perforated film ▶ non-woven absorber ▶ possibly a thin PE or stretch film ▶ latex rubber sheet (see diagram on page 11.2).

The latex rubber sheet is fastened along the edges of the mould with the double-sided adhesive vacuum sealing tape. Both the sheet and the sealing tape, however, are highly adhesive, with the result that they often cannot be removed without causing damage. This damage can be avoided when the latex rubber sheet is treated with a release agent. Preliminary tests are recommended. Another sealing alternative takes the form of a tenter and rubber gasket. In this event, the designer of the mould must build a suitable jig.

The latex rubber sheet is UV-sensitive, so it must be stored in a dark place.

Packaged quantities
1 x 1 m, 1 x 2 m, 1 x 4 m, 2 x 4 m, 3 x 4 m, 4 x 4 m, 5 x 4 m, 10 x 4 m
Order no. 390 175-X

Specifications.



Vakuumtechnik im Segelflugzeugbau

Vacuum technology in glider construction

Vakuumfolie

Hochelastische Folie aus einem Copolymer. Speziell für **komplizierte Formen und Hinterschnitte** geeignet. **Selbsttrennend**, kann prinzipiell **mehrfach** verwendet werden.

Packungsgrößen
 175 cm Breite
 5, 10, 20, 50, 100 lfm
 Bestell-Nr. 390 176-X



Vacuum film

High-stretch single-copolymer film developed specifically for **complex moulds and undercuts**. **Self-releasing**, in principle **reusable**.

Packaged quantities
 175 cm width
 5, 10, 20, 50, 100 lin. m
 Order no. 390 176-X

Daten

Specifications

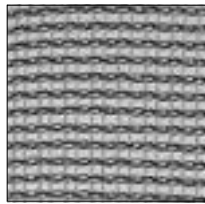
Vakuumfolie Vacuum film	
Max. Temperatur Max temperature	125 °C
Max. Druck Max pressure	4 bar
Dicke Thickness	80 µm
Breite Width	175 cm
Bruchdehnung Elongation at break	ca. 1000 % approx. 1000 %
Gewicht Weight	74 g/m ²
Trennmittel Release agent	selbsttrennend self-releasing
Styrolbeständigkeit Resistance to styrene	sehr gut very good
Farbe Colour	transparent transparent

11.14



Entlüftungsnetz

Das Entlüftungsnetz ermöglicht, ähnlich wie das Polyester-Saugvlies, ein leichtes, gleichmäßiges Strömen der Luft beim Absaugen. Es wird nach folgendem Schema verwendet:
Laminat ► Abreißgewebe ► Lochfolie ► **Entlüftungsnetz**
► Vakuumfolie oder Latex-Gummituch.



Packungsgrößen
200 cm Breite
1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100 lfm
Bestell-Nr. 390 184-X

Vacuum mesh

*Similar to the non-woven polyester absorber, the vacuum mesh facilitates the gentle, uniform evacuation of air. The vacuum mesh is integrated as follows:
laminare ► tear-off fabric ► perforated film ► **vacuum mesh**
► vacuum film or latex rubber sheet.*

*Packaged quantities
200 cm width
1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100 lin. m
Order no. 390 184-X*

Daten

Specifications

Entlüftungsnetz <i>Vacuum mesh</i>	
max. Temperatur <i>Max temperature</i>	90 °C
Dicke <i>Thickness</i>	1117 µm
Breite <i>Width</i>	200 cm
Material <i>Material</i>	Poethylen <i>Polyethylene</i>
Gewicht <i>Weight</i>	150 g/m ²
Trennmittel <i>Release agent</i>	Selbsttrennend <i>Self-releasing</i>
Farbe <i>Colour</i>	Schwarz-grün <i>Blackish green</i>

Polyester-Saugvlies

Mittelschweres, genadeltes Vlies. Sehr anschmiegsam, weich und saugfähig. Das Saugvlies nimmt das überschüssige Harz auf, welches beim Absaugen des Laminates durch die Lochfolie gepreßt wird. Es wird in einer oder mehreren Lagen verwendet.



Packungsgrößen
1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100 m
Bestell-Nr. 390 180-X

Non-woven polyester absorber

Medium-heavy, highly drapable, and soft needled non-woven absorber for taking up excess resin forced through the perforated film when the laminate is evacuated. This non-woven polyester absorber is used in one or more layers

*Packaged quantities
1, 2, 3, 5, 10, 20, 50, 100 m
Order no. 390 180-X*

Daten

Specifications

Polyester-Saugvlies <i>Non-woven polyester absorber</i>	
Max. Temperatur <i>Max temperature</i>	205 °C
Dicke (ungepreßt) <i>Thickness (uncompressed)</i>	3 - 4 mm
Gewicht <i>Weight</i>	150 g/m ³
Breite <i>Width</i>	152 cm



Vakuum-Dichtband

Dauerelastisches Dichtband aus synth. Kautschuk zum Verkleben von Vakuumfolien aller Art auf dem Formenrand.

Packungsgröße Rolle mit 15 m
 Bestell-Nr. 390 170-X

Vacuum sealing tape

Permanently elastic sealing tape of synthetic rubber for fastening all types of vacuum films to the edges of moulds.

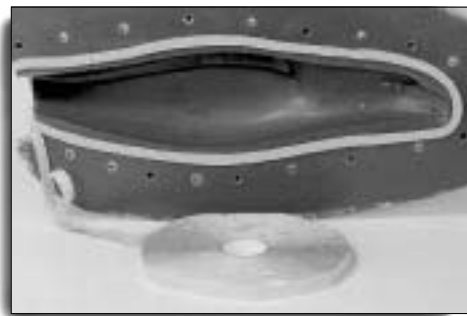
*Packaged quantities: roll of 15 m
 Order no. 390 170-X*



Daten

Specifications

Vakuum-Dichtband <i>Vacuum sealing tape</i>	
Max. Temperatur <i>Max temperature</i>	+ 40 bis/to + 90 °C
Dicke <i>Thickness</i>	3 mm
Breite <i>Width</i>	12 mm
Dehnfähigkeit <i>Extensibility</i>	ca. 140 % <i>approx. 140 %</i>
Dichte <i>Density</i>	1,7 g/cm ³
Farbe <i>Colour</i>	grau <i>grey</i>
Gute Haftung auf <i>Good adhesion to</i>	GFK, Alu, Stahl, Holz, andere Kunststoffe incl. PE <i>GRP, aluminium, steel, wood, other plastics incl. PE</i>
Gute Chemikalienbeständigkeit gegen <i>Good chemical resistance to</i>	verdünnte Säuren/Laugen <i>diluted acids and alkalis</i>
Geringe Beständigkeit gegen <i>Low resistance to</i>	organische Lösemittel <i>organic solvents</i>





KAPITEL 12

CHAPTER 12

INHALT

CONTENTS

S.12.2 Copyright
S.12.4 Fachtermini

S.12.2 Copyright
S.12.4 Technical terms

Copyright

© bei R&G. Datum Januar 2003.

Der Nachdruck ist, soweit keine fremden Rechte verletzt werden, mit Quellenangabe und gegen Belegexemplar gestattet.

Für eventuelle Fehler oder Irrtümer kann keine Haftung übernommen werden. Änderungen bei den Produkten sind ohne Vorankündigung möglich.

Wir danken den folgenden Personen, Firmen und Verlagen für Ihre freundliche Unterstützung:

Dr.-Ing. Herbert Funke, Uni-GH Paderborn
Karl Bodenhöfer, Waltenhofen
Rolf Suter, R&G-Schweiz
CarboTech Composites GmbH, A-Salzburg
Fachhochschule für Technik, Esslingen
Ingo Laue Werbeobjekte, Buggingen
Carbotech U. Dix, Aachen
Josef Eichstetter
Peter Schakow
Jörg Golombek
Siegfried Panek
G. Fehlau
Silence Aircraft

Copyright

Januar 2003 © by R&G

Provided that there is no violation of rights, reproductions of this publication are permitted when details of the source are included and a specimen copy is submitted to R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH.

No liability is accepted for any errors of any kind.

The products listed herein are subject to change without prior notice.

Our thanks go to the following persons, firms, and publishers for their kind support:

Akzo AG
Bakelite AG
BASF AG
C. Cramer + Co.
DuPont
CS-Interglas AG
Wacker-Chemie/Drawin
Zender Exklusiv-Auto
DLR
Verseidag
Dornier
Neckar-Verlag
Beuth-Verlag
Carl Hanser-Verlag
Expert-Verlag
Vogel-Verlag
Zechner & Hüthig Verlag
VDI-Verlag
Vieweg-Verlag



Besuchen Sie uns im Internet:

www.r-g.de

Sie finden:

- **preisreduzierte** Rest- und Sonderposten
- **Downloads** von Anleitungen
- **Links** zu Firmen und Institutionen
- Info's zu **Bauprojekten**
- **DIN-Sicherheitsdatenblätter** für R&G-Produkte

Visit our web site at:

www.r-g.de

Here you'll find:

- *Remaining stock and special offers* **at bargain prices**
- *Instruction manuals for* **downloading**
- *Links to firms and institutions*
- *Info on* **building projects**
- *DIN safety data sheets* **for R&G products**

Einheiten

Units of measurement

Einheit <i>Unit for</i>	Name <i>Full name</i>	Zeichen <i>Abbreviation</i>	Beziehung/Definition bzw. alte Einheiten <i>Definition, former units</i>
Mechanische Spannung, Druck <i>Stress, pressure</i>	Pascal Megapascal Gigapascal	Pa MPa GPa	1 Pa = 1 N/m ² 1 MPa = 1 N/mm ² (= 0,102 kp) 1 GPa = 1000 MPa = 1 kN/mm ²
Temperatur <i>Temperature</i>	Celsius	°C	1 °C = 1 K (Kelvin)
Dynamische Viskosität <i>Dynamic viscosity</i>	Pascal · Sekunden	Pa · s	1 mPa · s
Arbeit <i>Work</i>	Joule	J	1 W · h = 3,6 kJ
Schlag-, Kerbschlagzähigkeit <i>Impact strength, notch impact strength</i>	Kilojoule	kJ/m ²	1 Nmm/mm ² = kJ/m ² 1 kpcm/cm ² = 0,981 kJ/m ²
Druck (von Fluiden) <i>Pressure (from fluids)</i>	bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa 1 at = 1 kp/cm ² = 0,981 bar 1 atm = 1,0193 bar

Vielfache von Einheiten *Unit prefixes*

Name <i>Name</i>	Zeichen <i>Abbreviation</i>	Wert <i>Value</i>
Atto	a	10 ⁻¹⁸
Femto	f	10 ⁻¹⁵
Piko	p	10 ⁻¹²
Nano	n	10 ⁻⁹
Mikro	μ	10 ⁻⁶
Milli	m	10 ⁻³
Zenti	c	10 ⁻²
Dezi	d	10 ⁻¹
Deka	da	10 ¹
Hekto	h	10 ²
Kilo	k	10 ³
Mega	M	10 ⁶
Giga	G	10 ⁹
Tera	T	10 ¹²
Peta	P	10 ¹⁵
Exa	E	10 ¹⁸



Aktenkoffer mit einer Sichtfläche
aus Kohlefaser/Epoxydharz

Briefcases with outer surfaces of carbon fibre and epoxy resin



Fachtermini

(in alphabetischer Reihenfolge)

Häufig verwendete Begriffe

Adhäsionskräfte bewirken den Zusammenhalt zwischen Kleber und Füge teil

amorph

glasartige, nicht kristalline Struktur

Anisotropie

die Eigenschaften sind vollkommen richtungsabhängig (in allen Richtungen unterschiedlich)

Arbeitsaufnahmevermögen

siehe auch Energieaufnahmevermögen

Aushärtung

siehe Vernetzung

Aushärtungsprozess

Reaktion des Harzes und des Härters während der Herstellung eines FVV

Autoklav

Vorrichtung, in der gleichzeitig hohe Temperaturen und hohe Drücke erzeugt werden können

Avivage

auch Präparation oder Schlichte (Sizing) genannt, dient der Verarbeitbarkeit von Garnen z.B. zu Geweben. Sie wird teilweise nach dem Weben durch Waschen (Aramid) oder thermische Entschlichtung (Glas) wieder entfernt. Sie kann aber auch als Haftvermittler zur Matrix (Carbon, Glas, Keramik) dienen

Ballistischer Schutz

Schutz gegen schnell fliegende Teile wie z.B. Projektile oder Metallsplitter

Beschleuniger

setzt die zur Vernetzungsreaktion notwendige Zeit bzw. Temperatur herunter

CFK

Verbundstoff aus Kohlenstofffasern mit einer polymeren Matrix ("C" - Kohlenstofffaser verstärkter Kunststoff)

Corona-Behandlung

Verfahren zur Erzeugung von elektrischen Entladungen auf der Oberfläche; erzeugt dort Sauerstoffanlagerungen

Delamination

Ablösung der Faser von der Matrix oder Matrixriss parallel zu einer Laminat-schicht

Duromer

Polymer, bei dem die Molekülketten über kovalente Bindungen dreidimensional verknüpft sind

Energieaufnahmevermögen

Speicherfähigkeit der Energie einer Faser. Entspricht der Fläche unterhalb der Spannungs-Dehnungs-Kurve eines Materials

Epoxydharz (EP)

zulässige oder gebräuchliche Schreibweisen: Epoxydharz, Epoxidharz, Epoxy

exotherme Reaktion

Reaktion, bei der Wärme frei wird

Faserbruch

Versagen in einem FKV durch Bruch der Fasern

Technical terms

(in alphabetical listing)

in frequent use

accelerator

reduces the time or temperature needed for the cross-linking reaction to initiate

adhesive forces effect the cohesion between the adhesive and the part to be joined

air voids

air inclusions trapped in the material during processing

amorphous

glass-like, non-crystalline structure

anisotropy

the properties differ completely depending on the direction taken through the material

autoclave

device that can generate high temperatures and high pressures at the same time

ballistic protection

protection against bodies travelling at high speed, e.g. projectiles or shrapnel

braidings

two- or three-dimensional textile fabric with regular thread count and self-contained appearance whose braiding threads cross the edge of the fabric at an angle

carbon filament fabric

or carbon fabric for short

chopped strands

typical lengths of fibres (in mm) used in fibre-reinforced moulding compounds

corona etching

technique that generates electric discharges on the surface for the adsorption of oxygen

crazing

the smallest-scale damage in the laminate (e.g. air voids, separation of fibres and matrix, cracks in the matrix)

creep

increase in elongation with time when under a constant load; owing to the viscoelastic properties of plastics, creep is high in thermoplastics, lower in thermosets

cross-linking

chemical reaction whereby the polymer chains interlink to form a three-dimensional network of covalent bonds

CRP

(carbon-fibre-reinforced plastic), composite of carbon fibres and a polymer matrix

crystallisation

at low temperatures epoxy resins and hardeners can form crystals, and the compound becomes clouded or solidifies: created by a physical process, these crystals can be dissolved without any sacrifice to quality when the products are heated e.g. in a 60 °C water bath for two to three hours

curing

see cross-linking

Faserfinish bei Kohlefasern

Epoxydhaltiger Haftmittelüberzug zur Verbesserung der Haftung zwischen Faser und Matrix sowie zum Schutz der Faser

Fibre-pull-out-Effect

Herausziehen der Faser aus der Matrix

Filament

Endlos-Einzelfaser

Finish bei Glasfilamentgeweben

Haftmittelüberzug zur besseren Verbindung der anorganischen Glasfaser mit dem organischen Matrixharz. Unterschiedliche Qualitäten verfügbar (z.B. Silanschlichte, Finish I 550)

FKV

Faserkunststoffverbund

Flammfest

Wird nicht durch eine offene Flamme in Brand gesteckt

Fremdeinschlüsse

Bei der Verarbeitung eingeschlossene Fremdpartikel, wie z.B. Staub- oder Schmutzteilchen

FVV

Faserverbundwerkstoff

Geflechte

textile Flächen- oder Körpergebilde mit regelmäßiger Fadendichte und geschlossenem Warenbild, deren Flecht-Fäden sich in schräger Richtung zu den Warenkanten kreuzen

Gelcoatschicht

Harzschicht, die zum Schutz der Oberfläche auf Faser-Kunststoff-Verbundteile aufgebracht wird

Gelege

textile Flächengebilde, die durch Aufeinanderlegen von Fadensystemen mit oder ohne Fixierung der Kreuzungspunkte entstehen

Gestricke

siehe Gewirke

Gewebe

textile Flächengebilde, die mittels Fachbildung aus sich rechtwinklig kreuzenden Fäden zweier Fadensysteme, Kette und Schuß, hergestellt sind

Gewirke

textile Flächengebilde, die aus einem oder mehreren Fäden oder aus einem oder mehreren Fadensystemen durch Maschenbildung hergestellt sind

GFK

Verbundwerkstoff aus Glasfasern und einer polymeren Matrix (**G**lasfaser verstärkter **K**unststoff)

Glasübergangstemperatur

(T_g) Temperatur, bei der die amorphen Bereiche eines Thermoplasten erweichen. Bei Duroplasten beschreibt der T_g den Temperaturwert, bei dem ein Übergang vom harten in einen glasartigen Zustand erfolgt. Bei Erreichen des T_g fällt die Matrixfestigkeit erheblich ab

Härter

ist die zweite notwendige chemische Komponente zur Auslösung der Vernetzungsreaktion der Prepolymere zur Herstellung von Duroplasten oder Elastomeren; siehe Radikalbildner

Harz

gleichbedeutend mit duromer Matrix

curing process

the reaction between the resin and hardener to yield an FC

delamination

fibres become detached from the matrix, or a crack in the matrix runs parallel to a laminate ply

energy absorption capacity

a fibre's capacity to absorb energy, this corresponds to the area under the material's stress-strain curve

epoxy resin (EP)

also called epoxy

exothermal reaction

reaction that releases heat

fabric

flat textile structure manufactured from interlaces of two sets of threads, the warp and the weft, crossing at right angles to each other

FC

fibre composite

fibre fracture

failure in an FC caused by the fracture of fibres

fibre pull-out

failure caused by fibres being pulled out of the matrix

filament

single continuous fibre

finish for carbon fibres

coupling agent containing epoxy that protects the fibres and enhances their adhesion to the matrix

finish for glass filament fabrics

coupling agent that enhances bonding between the inorganic glass fibres and the organic matrix resin; available in various qualities (e.g. silane size, finish I 550)

flame-proof

does not burn when held in a naked flame

free-radical generator

chemical compound that decomposes into radicals when supplied with an initiating energy (heat, irradiation, etc.) and so triggers a radical polymerisation

FRP

fibre-reinforced plastic

gel coat

resin layer applied as a protective coat to the surface of fibre-reinforced plastic parts

glass transition temperature

T_g, the temperature at which the amorphous zones of a thermoplastic soften; for thermosets, T_g is the temperature at which the material undergoes a transition from a hard to a glass-like state; the strength of the matrix drops considerably when T_g is reached

GRP

composite of glass fibres and a polymer matrix (glass-fibre-reinforced plastic)

hardener

is the second chemical constituent needed to initiate the cross-linking reaction in prepolymers to yield thermosets or elastomers (see free-radical generator)

Harzansatz

Rezeptur zum Anmischen der verschiedenen Harzkomponenten (Harz, Härter, Beschleuniger und Sonstiges)

Harzinjektionsverfahren

Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Harz mit geschlossenen Werkzeugen, in die Verstärkungsmaterialien eingelegt werden

HF-Fasern

Kohlenstoffasern (hochfest) mit hoher Zugfestigkeit (identisch mit HT-Faser)

HM-Fasern

Hochmodulige Kohlenstoffasern (High Modulus)

Hobbock

Verpackungseimer aus Weißblech

HST-Fasern

Hochfeste Kohlenstoffaser mit hoher (high) Bruchdehnung (Strain) und hoher Festigkeit (Tenacity)

HT-Fasern

Kohlenstoffasern (High Tenacity) mit hoher Zugfestigkeit (identisch mit HF-Faser)

Hybridwerkstoff

hier: FVV, der zur Optimierung der Werkstoffeigenschaften mit mehreren Faserarten verstärkt ist

IM-Fasern

Kohlenstoffasern mit gleichzeitig hohen Festigkeiten und Elastizitätsmodul (Intermediate Modulus)

Impact

englisch für Stoß

Inert

Inaktiv

Inhibitoren

chemische Verbindungen, die neu gebildete Radikale vernichten und somit den Start einer radikalischen Polymerisation verhindert, bis sie aufgebraucht sind

Isotropie

Die Eigenschaften sind vollkommen richtungsunabhängig (in allen Richtungen gleich)

Kohlenstoff-Filamentgewebe

kurz auch Kohlegewebe, Kohlenstoffgewebe, Carbonfaser-gewebe oder Carbon genannt

Kriechen

Anwachsen der Dehnung mit der Zeit bei gleichzeitiger konstanter Last. Bei Kunststoffen, durch die viskoelastischen Eigenschaften bedingt hohe Kriechneigung bei Thermoplasten, geringe bei Duroplasten.

Kristallisation

Bei niedrigen Temperaturen können Epoxydharze und Härter auskristallisieren. Dies wird erkennbar durch eine Eintrübung oder Verfestigung des Behälterinhalts. Es handelt sich hierbei um einen physikalischen Prozess. Durch Erwärmen der Produkte z.B. im Wasserbad über 2 - 3 h bei 60 °C löst sich die Kristallisation. Dieser Prozess ist ohne Qualitätseinbußen.

Kurzfasern

typische Faserlänge von faserverstärkten Formmassen (mm-Bereich)

HM fibres

high modulus carbon fibres

hobbock

packaging pail of tinplate

HST fibres

high-tensile carbon fibres of high strain and tenacity

HT fibres

carbon fibres of high tensile strength

hybrid material

here, an FC reinforced with several fibre types for optimising the material properties

IM fibres

intermediate modulus carbon fibres of high strength and modulus of elasticity

inclusions

foreign particles, such as dust or dirt particles, trapped during processing

inert

inactive

inhibitors

chemical compounds that annihilate newly formed radicals and so suppress the initiation of a radical polymerisation until they are consumed

inlay

flat textile fabrics of stacked sets of threads with or without anchored crossover points

interlaminar shear strength (ILS)

quotient of the force leading to fracture failure in the shearing area and the shearing area (DIN 65 148)

isotropy

the properties are identical irrespective of the direction taken through the material

knitted fabric

flat textile fabric manufactured from loops of one or more threads or sets of threads

laminat

cured thermosetting matrix

laminat lay-up

order and arrangement of each laminat in an FC

laminat yield strength

yield strength after which the first indications of microcracking (crazing) appear in the laminat

liner

a filament-wound element for various functions (e.g. as packing) in components

long fibre

typical lengths of fibres (in cm) used e.g. in press moulding

lubrication

also called preparation or sizing, this facilitates the processing of yarns to produce e.g. fabrics, is sometimes removed after weaving by washing (aramid) or thermal desizing (glass), and can also serve as a coupling agent for the matrix (carbon, glass, ceramic)

matrix fracture

failure in an FC caused by cracking in the matrix

Lagenaufbau

schichtweiser Aufbau eines FVV, z.B. indem Verstärkungsgewebe mit Harz getränkt und ausgehärtet wird.

Laminat

ausgehärtete duromere Matrix

Laminataufbau

Aufbau und Anordnung der einzelnen Schichten eines FVV

Langfaser

typische Faserlänge, wie sie z.B. beim Pressen verwendet wird (cm-Bereich)

Liner

Ein Wickelkern, der Funktionen (z.B. Dichtung) in Bauteilen übernimmt

Luftporen

Bei der Verarbeitung entstandene Lufteinschlüsse im Material

Matrixbruch

Versagen in einem FVV durch Risse in der Matrix

Matrixwerkstoff

der die Faser verbindende Werkstoff (z.B. Epoxydharz)

Mikrorißgrenze

Dehngrenze, ab der erste Mikroschädigungen (Mikrorisse) im Laminat auftreten

Mikroschädigungen

kleinste Schäden im Laminat (z.B. Luftporen, Faser-Matrix-Ablösung, Matrixriß)

Monomer

wiederkehrende chemische Grundeinheit eines Polymeren, z.B. das Monomer Ethylen beim polymeren Polyethylen

Nullausdehnung

keine Ausdehnung bei Erwärmung

Peroxide

Härter für Polyesterharze. Setzen durch ihren Zerfall die Aushärtungsreaktion in Gang. Ihr Zerfall wird durch Wärme und Initiatoren beschleunigt.

Polyaddition

Chemische Reaktion, bei der die reaktionsfähigen Gruppen bzw. Enden der Monomere miteinander zu Polymeren reagieren (Epoxydharz).

Polykondensation

wie Polyaddition, nur Abspaltung von Wasser bei der Reaktion

Polymer

langes Kettenmolekül mit Monomeren als wiederkehrende Einheit

Polymerisation

Chemische Reaktion, bei der unter Auflösung von Doppelbindungen (-C=C) aus monomeren Polymere entstehen.

Prepreg

vorgetränktes Fasergebilde, ein zum Verarbeiten fertiges, mit einem vorvernetzten Harzsystem getränktes textiles Halbzeug, das unter Druck und Hitze ausgehärtet wird.

Pyrolyse

Thermische Zersetzung chemischer Verbindungen

matrix material

the material bonding the fibres (e.g. epoxy resin)

monomer

basic repeating unit in a polymer, e.g. the monomer ethylene in the polymer polyethylene

non-wovens

flat textiles whose cohesion is generally given by the fibres' own adhesion to one another or by chemical binders

overageing

premature curing of a reactive resin compound that has been stored too long or at too high a temperature

peroxides

hardeners for polyester resins, their decomposition, accelerated under the effects of heat and initiators, initiates the curing reaction

ply lay-up

ply-by-ply arrangement of an FC, e.g. when reinforcing fabric is impregnated with resin and cured

polyaddition

chemical process whereby the reactive groups or ends of monomers react with one another to form polymers (epoxy resin)

polycondensation

as polyaddition, however the reaction releases water only

polymer

long chain molecule with monomers as the repeating unit

polymerisation

chemical reaction whereby polymers are formed from the break-up of the double bonds (-C=C) in monomers

prepreg

pre-impregnated fibre fabric, a semi-finished, ready-to-process textile product impregnated with a partially cross-linked resin system and cured completely under the application of heat and pressure

pyrolysis

the decomposition of chemical compounds at high temperatures

quasi-isotropic

almost identical properties in all directions, this can be obtained in fibre composites with equally thick plies whose reinforcements are aligned in at least three directions (0°, ±60°)

radical

atom or group of atoms with one or more free and unpaired electrons

radical polymerisation

polymerisation whereby the double bonds are broken up by the formation of radicals

resin

synonymous with thermosetting matrix

resin formulation

recipe specifying the ratios of the mixed compound's various constituents (resin, hardener, accelerator, etc.)

resin transfer moulding (RTM)

method of manufacturing moulded parts of resin in closed moulds containing reinforcing materials

quasiisotrop

nahezu gleiche Eigenschaften in alle Richtungen. Bei Faserverbundwerkstoffen kann dies durch mindestens 3 Verstärkungsrichtungen ($0^\circ, \pm 60^\circ$) mit gleichen Schichtdicken erreicht werden

Radikal

Atom bzw. Atomgruppe mit einem oder mehreren freien und ungepaarten Elektronen

Radikalbildner

chemische Verbindungen, die durch energetische Initiierung (Wärme, Strahlung usw.) in Radikale zerfallen und eine radikalische Polymerisation starten

radikalische Polymerisation

Polymerisation, bei der durch Radikalbildung die Doppelbindungen aufgespalten werden

Roving

Ein Roving besteht aus mehreren Filamenten

Sandwich

flächige Mehrschichtverbundkonstruktion, bestehend aus zwei hochfesten Außenschichten und einer leichten, dicken Innenschicht, um ein hohes Flächenträgheitsmoment bzw. eine hohe Biegesteifigkeit zu erreichen

Scherfestigkeit, interlaminae

Quotient aus der Kraft, die zum Bruchversagen innerhalb der Scherfläche führt und der Scherfläche (DIN 65 148)

Schichte

Bei der Herstellung der Glasfasern mitaufgebrachter Verarbeitungstoff. Sie ermöglicht aufgrund ihrer Schutzwirkung eine bessere Weiterverarbeitung (z.B. durch Weben). Webschichten werden meist nach der textilen Verarbeitung entfernt.

selbstverlöschend

ohne äußere Energiezufuhr erstickt das Feuer

SFK

Verbundwerkstoff aus synthetischen Fasern (Aramid) und einer polymeren Matrix (**S**ynthesefaser verstärkter **K**unststoff)

Silane

Organische Siliziumverbindungen, Verwendung insbesondere zur Verbesserung der Haftungseigenschaften von Oberflächen

Silicone

Elastische Formmassen, deren Grundgerüst auf -Si-O- Bindungen beruht. Sie werden als 1- und 2-Komponenten-Systeme angeboten (RTV-1 und RTV-2).

Thermoplast-Prepreg

Prepreg mit thermoplastischer Matrix

Überalterung

Vorzeitige Aushärtung einer reagierenden Harzmasse infolge zu langer Lagerung bzw. Lagerung bei zu hoher Temperatur

unidirektional

in eine Richtung ausgerichtete unidirektionale Schicht; Schicht aus in einer Richtung parallel abgelegten Fasern

UP

ungesättigtes Polyesterharz

Vernetzung

chemische Reaktion, bei der Polymerketten über kovalente Bindungen zu einem dreidimensionalen Netz verknüpft werden

roving

a roving is made up of several filaments

sandwich

flat multi-ply composite structure made up of two high-strength outer layers and a lightweight, thick inner layer for a high geometrical moment of inertia and flexural strength

self-extinguishing

any fire is smothered if it is not promoted by an external source

silanes

organic silicon compounds, used in particular to enhance the adhesive properties of surfaces

silicones

elastic moulding compounds with a backbone chain of -Si-O- bonds, they are provided as one-component and two-component systems (RTV-1 and RTV-2)

size

applied to the surface of glass fibres during manufacture, this processing material has a protective function that facilitates further processing of the fibres, e.g. weaving; in most cases, weaving sizes are removed after the fibres are processed as textiles

SRP

synthetic-fibre-reinforced plastic, a composite of synthetic fibres (aramid) and a polymer matrix

thermoplastic prepreg

prepreg with thermoplastic matrix

thermoset

polymer whose molecular chains form a three-dimensional cross-linked structure of covalent bonds

unidirectional

aligned in the one direction, e.g. a ply or fibres

UP

unsaturated polyester resin

viscosity

the higher the value, the more sluggishly the material flows

WLB

the Werkstoff-Leistungsblätter, or the German materials specifications sheets, are standards that list specifications for engineering materials, e.g. reinforcing fabrics; fulfilling the requirements in the WLB automatically qualifies, and therefore approves the fabric for use e.g. in aircraft construction

zero elongation

no elongation under the effects of heat

Viskosität

je höher der Wert, desto zähflüssiger das Material

Vliese

textile Flächengebilde, deren Zusammenhalt im allgemeinen durch die den Fasern eigene Haftung bzw. durch chemische Binder gegeben ist

WLB

(Werkstoff-Leistungsblatt) in diesen Normen sind Werkstoffe wie z.B. Verstärkungsgewebe genau spezifiziert. Erfüllt ein Gewebe die Anforderungen des WLB, ist es automatisch qualifiziert, also z.B. für den Flugzeugbau zugelassen.



Foto: CS Interglas

Die Definitionen wurden teilweise dem Buch "Einführung in die Technologie der Faserverbundwerkstoffe" (R&G Bestell-Nr. 380 109-1) entnommen.
Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung des Carl Hanser Verlags, München

*Some of the definitions given above are translated extracts from the book
"Einführung in die Technologie der Faserverbundwerkstoffe"
(R&G order no. 380 109-1).
Reproduction of these passages courtesy of Carl Hanser Verlag, Munich*