



Faserverbund- Werkstoffdaten

Eine Sammlung der wichtigsten Werkstoffdaten für den Anwender von Faserverbund-Materialien sowie allgemeine Daten und Tabellen.

Daten der Matrix-Harze unverstärkt

| Werkstoff | Dichte g/cm ³ | Bruchdehnung % | Lieferform | Verarbeitungstemperatur | Gebrauchstemperatur der Bauteile |
|-----------------|--------------------------|----------------|------------|-------------------------|----------------------------------|
| Polyesterharze | 1.12 - 1.25 | unter 3% | flüssig | 20 - 180°C | 50 - 160°C |
| Epoxydharze | 1.1 - 1.25 | 6 - 8% | flüssig | 20 - 230°C | 45 - 230°C |
| Vinylesterharze | 1.07 | 3.5 - 7% | flüssig | 20 - 175°C | 100 - 150°C |

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

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.

| Werkstoff | Zugfestigkeit MPa | Zugmodul GPa | Biegefestigkeit MPa | Biegemodul GPa |
|-----------------|-------------------|--------------|---------------------|----------------|
| Polyesterharze | 50 - 70 | 3,5 - 4,7 | 60 - 120 | 4,0 - 5,0 |
| Epoxydharze | 70 - 90 | 2,8 - 3,6 | 140 - 160 | 4,5 - 6,0 |
| Vinylesterharze | 75 - 85 | 3,4 - 3,5 | 125 - 135 | 3,2 - 3,8 |

| Werkstoff | Beständig gegen | Nicht beständig gegen (Auswahl) | Brennbarkeit (Auswahl) | Reparatur |
|-----------------|---|--|----------------------------------|-------------------------|
| Polyesterharze | Wasser, wässrige Lösungen Heizöl, Benzin | heisses Wasser, konzentrierte Säuren und Laugen, Benzol, Alkohol, Toluol | nicht selbstverlöschend | aufflamieren und kleben |
| Epoxydharze | Benzin, Benzol, Mineralöle, Fette | Heisses Wasser, Ester, konzentrierte Säuren und Laugen, Ketone, Aceton | schwer entzündbar, brennt weiter | aufflamieren und kleben |
| Vinylesterharze | 37% HCL, Chlordioxid, Seewasser, Kohlenwasserstoffe | 75% H ₂ SO ₄ 80 °C, Wasser, 15% NaOH (65 °C) | nicht selbstverlöschend | aufflamieren und kleben |

Der Schwund erfolgt bei **Epoxydharzen** in der flüssigen Phase, also hauptsächlich innerhalb der Verarbeitungszeit. Sobald die Harzmasse fest wird, tritt praktisch kein weiterer Schwund auf.

Die **Nachschwundung** 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 Nachschwundung zu erwarten, da sich noch reaktionsfähige Harz- und Härtermoleküle verbinden und somit enger zusammentreten.

Bei **Polyesterharzen** haben wir einen wesentlich grösseren Schwund zu erwarten. Zudem tritt der Schwund während der ganzen Härtungsphase kontinuierlich auf. Eine optimale Faserhaftung wird dadurch erschwert, da die Matrix während der ganzen Härtung wandert.

| Werkstoff | Verarbeitungsschwundung | Nachschwundung | Reaktionswärme | Lagerfähigkeit |
|-----------------|-------------------------|----------------|--|---|
| Polyesterharze | 6 - 10% Linear um 2% | bis 3% | exotherme Reaktion mit teilweise hoher Wärmeentwicklung (besonders beim Vergiessen zu berücksichtigen, Härter entsprechend auswählen). | dunkel, kühl, gut verschlossen bis 6 Monate. |
| Epoxydharze | 1 - 3% | < 1 | | dunkel, gut verschlossen mindestens 12 Monate |
| Vinylesterharze | 1 | bis 1 | | dunkel, kühl, gut verschlossen bis 6 Monate |

Allgemeine Daten über gehärtete Epoxydharze (Unverstärkt):

| | |
|---|-----------------------------------|
| Wärmeausdehnungskoeffizient / coefficient de dilatation thermique | 60 - 70 • 10 ⁻⁶ Kelvin |
| Wärmeleitfähigkeit / conductibilité calorifique | 0.52 W/m • Kelvin |
| Oberflächenwiderstand / | 10 ¹³ Ω |
| spez. Durchgangswiderstand / | 10 ¹⁵ Ω cm |

Wärmeausdehnung:

Der thermische Ausdehnungskoeffizient gibt die lineare Dimensionszunahme bei Erwärmung in % an. D.h. bei einem Koeffizient von 2×10^{-4} m/ (mK) beträgt die lineare Dimensionszunahme bei einer Temperaturerhöhung um 1 Kelvin 0.02%.

Hat ein Formteil eine Länge von z.B. 1 Meter, entspricht dies einer Längenzunahme von 0.1mm. Eine Temperaturerhöhung um 50 Kelvin führt demnach zu einer linearen Dimensionszunahme von bereits 1 %.

Die Volumenzunahme bei Temperaturerhöhung entspricht dem dreifachen der linearen Zunahme.

Laminat Daten

| Festigkeitswerte von Gewebe-Laminaten | | Mechanical properties of fabric laminates | | |
|--|----|---|---|--|
| | | Glas ¹⁾ Glass ¹⁾ | Kohlenstoff ²⁾ Carbon ²⁾ | Aramid ²⁾ Aramid ²⁾ |
| Zugfestigkeit / Tensile strength MPa (DIN EN 61) | 3) | 330-400 | 560-650 | 460-540 |
| | 4) | 590-680 | 950-1100 | 790-900 |
| E-Modul Zugversuch / Tensile modulus GPa (DIN EN 61) | 3) | 19-21 | 52-58 | 22-27 |
| | 4) | 24-35 | 90-100 | 44-47 |
| Druckfestigkeit / Compressive strength MPa (DIN 534554) | 3) | 310-440 | 450-520 | 130-165 |
| | 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

- 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

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.

Wie schwer wird ein Glasfaser-Laminat?

Das Gewicht eines Glas-Laminats hängt weitgehend vom Faservolumenanteil ab, also vom Verhältnis Gewebe/Harz.

Bei Glas-Geweben wird im Handlaminierverfahren ca. 40 - 50% Faservolumenanteil erreicht, bei Glasmatten lediglich 15 - 20%. Durch Absaugen des Laminats, also bei geeigneter Verarbeitung im Vakuum, kann der Faservolumenanteil gesteigert werden. Bei der Verarbeitung im Autoklaven mit entsprechendem Druck kann sogar ein Faservolumenanteil von 60% erreicht werden.

Die Dicke des Laminats kann man folgendermaßen bestimmen:

$$d = q / (\rho \cdot \phi \cdot 1000)$$

Hier ist **q** das Gesamtgewicht in g/m², z.B. bei 3 Lagen 90g-Gewebe 270 g/m².

rho ist die Dichte der Fasern (Glasfaser: 2,55 g/cm³)

phi ist der FaserVOLUMENanteil (z.B. 0,4 für 40%)

Man bestimmt den Fasergewichtsanteil = Faservolumenanteil (z.B. 0,4) * Dichte der Faser (2,55g/cm³) + Harzdichte (1,1 g/cm³) * (1 - Faservolumenanteil))

Für GfK mit einem Faservolumenanteil von 40% ergibt sich entsprechend dem obigen Beispiel ein Fasergewichtsanteil von $0,4 \cdot 2,55 / (2,55 \cdot 0,4 + 0,6 \cdot 1,1) = 0,57$

Das Gewicht des trockenen Gewebes ist also 57% des späteren Gesamtgewichts, und das Gesamtgewicht demnach $1 / 0,57 = 1,75$ -fache des Gewichts des trockenen Gewebes.

Laminat-Eigenschaften im Vergleich mit Stahl und Aluminium

Eigenschaften

Hochleistungsfaserverstärkte Kunststoffe (FKV bzw. HLFKV) gehören zur Gruppe der Verbundwerkstoffe. Sie zeichnen sich primär aus durch:

- hohe mechanische Eigenschaften und tiefes spezifisches Gewicht
- meistens richtungsabhängige Eigenschaften (Faserrichtung)

Dadurch können sie bei hochbelasteten Bauteilen mit Metallen konkurrieren und ermöglichen sogar in hochbelasteten Bauteilen Gewichtsreduktionen bei gleicher Festigkeit oder Steifigkeit oder bei gleichem Gewicht höhere Festigkeit und Steifigkeit im Vergleich zu hochwertigen Metallbauteilen. Einige maximale erreichbare Eigenschaften von ausgewählten Hochleistungs-FKV sind in dieser Tabelle im Vergleich zu Metallen aufgeführt. Man sieht daraus, dass bei diesen Werkstoffen eine grosse Variation von mechanischen Eigenschaften möglich ist, die sogar weit über denjenigen von Metallen liegen können.

Maximal erreichbare Eigenschaften von FKV und Metall

| Material | Faser | Verstärkung | E-Modul Festigkeit | | | spezifische Eigenschaften | | | |
|-----------|----------------|-------------|--------------------|------|------|---------------------------|-------|-------|-------|
| | | | MPa | MPa | MPa | g/cm ³ | km | km | km |
| Aluminium | | | 71000 | 540 | 480 | 2.80 | 2586 | 19.7 | 17.5 |
| Stahl | | | 207000 | 1655 | 1520 | 7.83 | 2696 | 21.6 | 19.8 |
| GFK | E-Glas | Gewebe | 22800 | 463 | 507 | 2.00 | 1163 | 23.6 | 25.9 |
| GFK | E-Glas | UD | 46200 | 1070 | 660 | 2.03 | 2321 | 53.8 | 44.5 |
| AFK | Kevlar | Gewebe | 29000 | 414 | 165 | 1.37 | 2159 | 30.8 | 12.3 |
| AFK | Kevlar | UD | 76000 | 1400 | 235 | 1.46 | 5308 | 97.8 | 16.4 |
| CFK | hochfest HT | Gewebe | 67230 | 524 | 500 | 1.55 | 4423 | 34.5 | 32.9 |
| CFK | hochfest HT | UD | 138000 | 1447 | 1447 | 1.55 | 9079 | 95.2 | 95.2 |
| CFK | mittelsteif HM | UD | 155000 | 2200 | 1400 | 1.60 | 9879 | 140.2 | 89.2 |
| CFK | hochsteif UMS | UD | 380000 | 880 | 240 | 1.80 | 21529 | 49.9 | 13.6 |
| BFK | Bor | UD | 204000 | 1260 | 2500 | 1.86 | 11185 | 69.1 | 137.1 |

GFK = **Glas**-Faser-Kunststoff

AFK = **Aramid**-Faser-Kunststoff (Kevlar, Twaron etc.)

CFK = **Carbon**-Faser-Kunststoff (Carbon, Kohlefasern, Kohlenstofffasern)

BFK = **Bor**-Faser-Kunststoff

Material Vergleichstabellen

Wärmeleitfähigkeit verschiedener Werkstoffe:

| Werkstoff | W/m • Kelvin |
|---|-------------------------|
| Aluminium / | 230 |
| Duraluminium | 170 |
| Zink | 112 |
| Eisen | 172 |
| Stahl | 50,2 |
| V2A-Stahl | 14 |
| Epoxydharz gefüllt mit Alu oder Graphit | 1,6 - 2,6 |
| Epoxydharz gehärtet | 0,52 |
| Polyester/Glas-Laminat gehärtet | 0,31 |
| AFK (Aramid (Kevlar) Laminat) | 0,13 |
| GFK (Glaslaminat gehärtet) | 0,8 |
| CFK (Carbonlaminat gehärtet) | 15 - 40 (Faserrichtung) |
| E-Glas, R-Glas, S-Glas | 1 |
| Aramidfasern (Kevlar HM) | 0,04 - 0,05 |
| Carbonfasern (Kohlenstofffasern) | 17 |
| Eichenholz | 0,186 |
| Tannenholz | 0,128 |
| Glasgewebe | 0,9 |

Vergleichswerte verschiedener Werkstoffe

| Typische Kennwerte Typical characteristics | Einheit Unit | Kiefernholz Pine wood | Dural-Alu Duralumin | Titan Titanium | Stahl Steel | GFK ⁽¹⁾ GRP ⁽¹⁾ | CFK ⁽¹⁾ CFP ⁽¹⁾ |
|---|--|--------------------------|------------------------|-------------------|----------------|--|--|
| Dichte Density | g/cm ³ /20°C g/cm ³ at 20°C | 0.5 | 2.8 | 4.5 | 7.8 | 2.1 | 1.5 |
| Zugfestigkeit Tensile strength | MPa | 100 | 350 | 800 | 1100 | 720 | 900 |
| E-Modul Modulus of elasticity | GPa | 12000 | 75000 | 110000 | 210000 | 30000 | 88000 |
| Reisslänge breaking length | km | 20 | 13 | 18 | 14 | 34 | 60 |
| Spez. E-Modul Spec. modulus of elasticity | km | 2400 | 2700 | 2400 | 2700 | 1400 | 5900 |

Faserdaten

Physikalische Eigenschaften der wichtigsten Fasern / Physical properties of the most important Fibres

| | Einheit | E-Glas | Aramid HM | Carbon HT | Dyneema SK 65 |
|--|----------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| Dichte Density | g/cm ³ | 2,6 | 1,45 | 1,78 | 0.975 |
| Zugfestigkeit Tensile strength | MPa | 3400 | 2800 | 3400 | 3000 |
| Elastizitätsmodul II Modulus of elasticity II | GPa | 73 | 100 | 235 | 95 |
| Elastizitätsmodul ⊥ Modulus of elasticity ⊥ | GPa | 73 | 5,4 | 15 | |
| Druckfestigkeit Compressive modulus | GPa | | | | 1000 |
| Bruchdehnung Elongation at break | % | 3,5 - 4 | 2,8 | 1,4 | 3.6 |
| Querkontraktionszahl Poisson ratio | | 0.18 | | | |
| Wärmeausdehnungskoeffizient II Coefficient of thermal expansion II | 10 ⁻⁶ K ⁻¹ | 5 | -3,5 | -0,1 | -12 |
| Wärmeausdehnungskoeffizient ⊥ Coefficient of thermal expansion ⊥ | 10 ⁻⁶ K ⁻¹ | 5 | 17 | 10 | |
| Wärmeleitfähigkeit Thermal conductivity | W/m·K | 1 | 0,04 | 17 | 20 |
| spez. elektrischer Widerstand Resistivity | Ω·cm | 10 ¹⁵ | 10 ¹⁵ | 10 ⁻³ - 10 ⁻⁴ | 3.6 |
| Dielektrizitätskonstante Dielectric constant | 10 ⁶ Hz | 5,8-6,7 | | | 2.25 |
| Zersetzungstemperatur Degradation temperature | °C | >400 | 550 | | 144-152 |
| Feuchtigkeitsaufnahme 20°C/65% rel. Luftfeuchtigkeit Moisture absorption 20°C/65% relative air humidity | % | 0,1 | 3,5 | 0,1 | keine |

II Faserlängsrichtung / along the fibres

⊥ Faserquerrichtung / transverse to the fibres

Faser, resp. Garn- und Rovingbezeichnungen

Die Bezeichnung für Garne und Rovings erfolgt in der Regel in **tex** und bezieht sich auf das Gewicht. Die Tex-Nummerierung informiert darüber, wieviel Gramm 1000m eines einfachen Fadens wiegen. Oder anders ausgedrückt: 1 tex ist diejenige Feinheit, bei der eine Faser oder ein Garn von 1 km Länge 1 g wiegt. 1 tex = 1 g/km.

| | | | | | | | |
|--------------|------------|---|----------|-----------------|---|----------|------------|
| 1 Millitex | mtex | = | 0.001 | g/1000 m | = | 0.001 | tex |
| 1 Zentitex | ctex | = | 0.01 | g/1000 m | = | 0.01 | tex |
| 1 Dezitex | dtex | = | 0.1 | g/1000 m | = | 0.1 | tex |
| 1 Tex | tex | = | 1 | g/1000 m | = | 1 | tex |
| 1 Decatex | datex | = | 10 | g/1000 m | = | 10 | tex |
| 1 Hektotex | htex | = | 100 | g/1000 m | = | 100 | tex |
| 1 Kilotex | ktex | = | 1000 | g/1000 m | = | 1000 | tex |

Eine weitere Bezeichnung, vorallem bei Carbon, ist **K** und bezieht sich auf die Anzahl Filamente pro Roving.

| | | |
|-----------------------------|---|----------------------------|
| 1 K (K=Kilo=Tausend) | = | 1000 Filamente pro Roving |
| 6 K | = | 6000 Filamente pro Roving |
| 12 K | = | 12000 Filamente pro Roving |
| 24 K | = | 24000 Filamente pro Roving |

Viskosität

Die Fließfähigkeit (Viskosität) von Stoffen wie Harze und Härter ist in der Einheit **mPa·s** (Milipascal x Sekunden) angegeben. Diese lässt sich am besten einschätzen, wenn man die Werte bekannter Flüssigkeiten betrachtet.

Viskositätsbereiche (in mPa·s)

| | | | |
|--|---------|---|--|
| dickflüssig, pastös ▲ ↓ dünnflüssig | 200'000 | 200'000 | Mayonaise, weiche Schmierfette Kl.0 |
| | | 160'000 | Getriebefliessfette Kl. 0 |
| | | 150'000 | Senf |
| | | 140'000 | Zahnpasta |
| | 100'000 | 100'000 | Joghurt |
| | | 90'000 | Handcreme |
| | | 50'000 | Marmelade |
| | | 30'000 | Tomatenketchup |
| | 10'000 | 10'000 | Honig |
| | | 5'000 | Getriebeöle |
| | | 2'000 | Fruchtsäfte |
| | | 900 | Epoxydharz L 20 |
| | | 700 | Epoxydharz L, Epoxydharz L 285 (LF) |
| | | 400 | Epoxydharz HT 2 |
| | | 320 | Härter L |
| | | 200 | Härter HT 2 |
| 100 | 100 | Härter 285, 286, 287 (LF1, 2, 3) | |
| | 80 | Salatöle | |
| | 20 | Milch | |
| 1 | 1 | Wasser | |

Der Flammpunkt:

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der eine Flüssigkeit unter bestimmten Versuchsbedingungen Dämpfe in solcher Menge entwickelt, daß diese im Gemisch mit Luft durch eine Zündquelle zur Entzündung gebracht werden können.

Tg (Glasübergangstemperatur)

Mit diesem Begriff wird diejenige Temperatur beschrieben, bei der amorphe oder teilkristalline Polymere vom flüssigen in den festen Zustand übergehen. Dabei tritt eine schlagartige Änderung der physikalischen Kenngrößen, wie z.B. Härte und Elastizität ein: Unterhalb der spezifischen Tg ist ein Polymer glasartig und hart, beim Ueberschreiten der Tg geht es in einen weichen, amorphen Zustand über.

Die Uebergänge erfolgen meist in einem mehr oder weniger breiten Temperaturbereich, so dass man häufig auch vom Glasumwandlungsintervall bzw. vom Erweichungsbereich spricht. Auch die Bezeichnung Einfrieretemperatur ist gebräuchlich.

Die Glasübergangstemperatur kann nach verschiedenen Messverfahren bestimmt werden, so dass für Vergleichszwecke bei einer Angabe auch die entsprechende Bestimmungsmethode bzw. die zugrundeliegende Prüfnorm genannt werden sollte.

Quelle: <http://www.chemie.fu-berlin.de/fb/fachdid/kunststoffe/glas.htm>
<http://www.kunstharzputze.de/abc/kap3/g04.htm>

Basalt-Roving / Basalt roving

Basaltrovinggewebe 500 g/m²
Silan, Leinwand 1/1, Breite 120 cm

Basalt roving fabric 500 g/m²
Silan, Plain weave 1/1, width 120 cm

Basalt-Roving
1600-tex und 2400-tex

Basalt-roving
1600-tex and 2400-tex

Anwendungsgebiet:

Dickes, preisgünstiges Gewebe für die Herstellung von Formen, Booten und Behältern. Schneller Aufbau dicker, steifer Laminates. Basalt ist ein schwarzes, basisches Lavagestein. Die Technologie, aus diesem Gestein ein endloses Filament zu produzieren wurde schon vor über 30 Jahren in der Sowjetunion entwickelt. Ein für kommerzielle Zwecke nutzbares Produkt ist aber erst jetzt verfügbar.

Application:

Thick, lowpriced fabric for manufacturing moulds, boats, and receptacles. Fast layup of thick, stiff laminates. As a basic material, basalt is a black, alkaline extrusive rock. The technology which enables a continuous filament to be produced from this rock was developed over 30 years ago in the then Soviet Union. A product which could be used for commercial purposes has only now, however, become available.

Eigenschaften

Bei nur 5% höherer Dichte als der gebräuchlichen E-Glasfaser bietet die Basalt-Faser im Vergleich dazu eine um **15 % höhere Zugfestigkeit, höhere Druckfestigkeit und Steifigkeit (E-Modul)**.

Properties

*With only 5 % higher density than the con-ventional E glass fibre, basalt fibre offers in comparison with it a **15 % higher tensile strength, higher compressive strength and rigidity (modulus of elasticity)**.*

Die thermische Belastbarkeit ist hoch, die Faser selbst schmilzt erst bei 1450 °C. Die **chemische Beständigkeit**, insbesondere gegen starke Säuren und Laugen sowie Lösemittel ist sehr gut. Auch gegen **UV-Strahlung, biologische Einwirkungen und Korrosion** ist das Material sozusagen von Natur aus geschützt. Basalt-Fasern sind zu 100% natürlich und inert, d.h. als **ungiftig** und **nicht carcinogen** eingestuft.

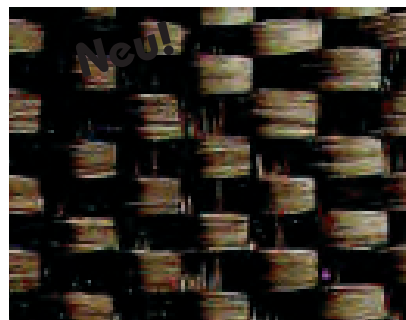
*The thermal stability is extremely high, the fibres themselves only begin to melt at 1450 °C. The **chemical endurance**, especially against strong acids, lyes and sol-vents, is very good.*

Geeignet für Epoxydharze, Vinyl-esterharze und Polyesterharze.

*The material is also protected, so to speak by nature, against **UV radiation, organic effects and corrosion**.*

*Basalt fibres are 100 % natural and inert, i.e. they are classified as **non-poisonous and non-carcinogenic**.*

Suitable for epoxy, vinyl ester and polyester resins.



| Technische Daten | | Basalt-Faser | E-Glas |
|------------------|-------------------|--------------|--------|
| Dichte | g/cm ³ | 2,75 | 2,60 |
| Zugfestigkeit | MPa | 4840 | 3450 |
| Druckfestigkeit | MPa | 3792 | 3033 |
| E-Modul | MPa | 89000 | 77000 |
| Bruchdehnung | % | 3,15 | 4.70 |

| Technical data | | Basalt fibre | E-Glass |
|-----------------------|-------------------|--------------|---------|
| Density | g/cm ³ | 2,75 | 2,60 |
| Tensile strength | MPa | 4840 | 3450 |
| Compressive strength | MPa | 3792 | 3033 |
| Modulus of elasticity | MPa | 89000 | 77000 |
| Elongation at break | % | 3,15 | 4.70 |