# Gestalten von Werkstücken aus FVK + Verklebungen

suter-kunststoffe ag
swiss-composite.ch
CH-3312 Fraubrunnen 031 763 60 60 Fax 763 60 61

Triathlon-Fahrrad aus Kohlefaser/Epoxydharz
(Karl Bodenhöfer, Waltenhofen)

Quellen:

**Gestalten von Werkstücken aus FVK**
**VDI-Richtlinie 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

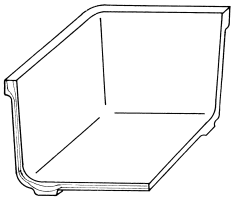
**Kleben**
Der Text enthält Auszüge und Grafiken aus dem Buch ***Kleben*** von Gerd Habenicht, Vieweg-Verlag, R&G Bestell-Nr. 380 125-1

# Gestalten von Werkstücken aus FVK

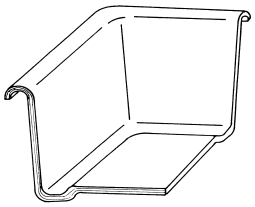
## Grundregeln nach VDI-Richtlinie

### Wanddicken

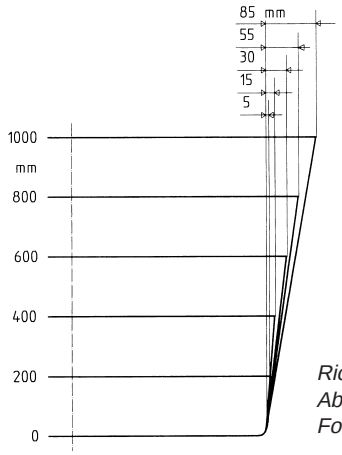
→ Die Wanddicke und der Laminataufbau sollten möglichst gleichmäßig sein.
→ Harzanreicherungen z.B. in Vertiefungen und Kanten führen zu Eigenspannungen, Verzug und Rißbildungen.
→ Ecken und Kanten müssen mit ausreichenden Radien versehen sein.



***Ungünstige Bauteilgestaltung***
*Harzansammlungen in der Kante und der Verdickung des Behälterbodens führen zu Schwindungsrissen.*

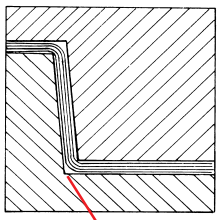


***Günstige Bauteilgestaltung***
*Spannungsrisse werden vermieden, besserer Kraftfluß im Verstärkungsmaterial. Höhere Formsteifigkeit bei geringerem Gewicht.*

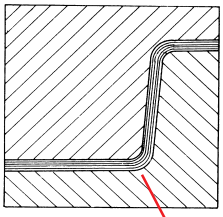



*Richtwerte für die Seitenneigung in Abhängigkeit von der Tiefe des Formteils*

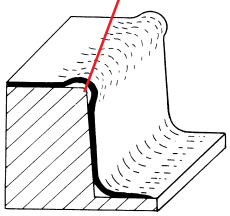
### Gestaltung von Ecken und Kanten

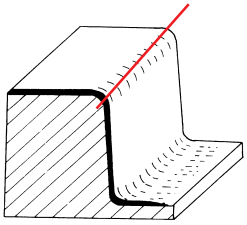


***Ungünstig!** Zu kleine Radien*

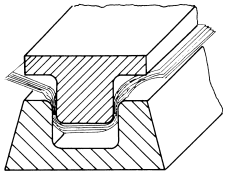


***Besser:** ausreichende Radien*

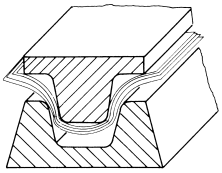




### Entformungsschrägen



***Falsch!***
*Seitenflächen haben keine oder nicht ausreichende Neigungen*

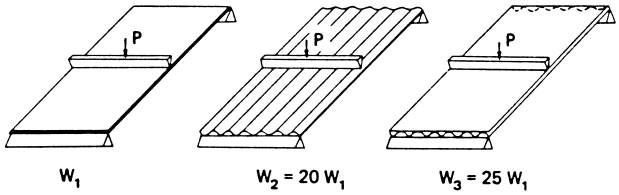


***Richtig:***
*Seitenflächen haben ausreichende Neigungen*

### Versteifungen

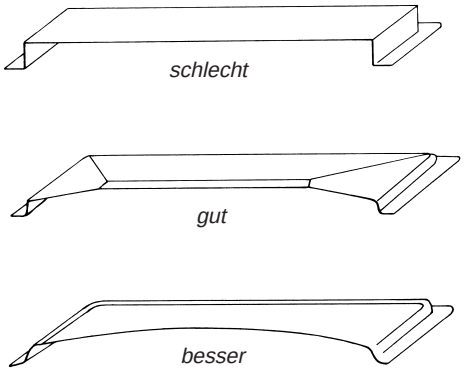
Zur Versteifung von Bauteilen bestehen folgende Möglichkeiten:

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



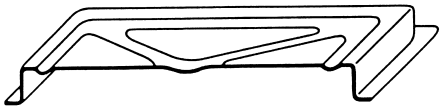

*Durch Formgebung verändertes Widerstandsmoment W bei gleichem Querschnitt F*

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

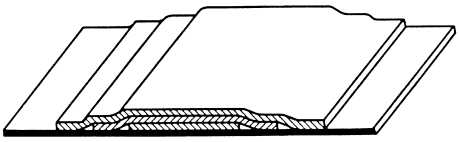


# Gestalten von Werkstücken aus FVK + Verklebungen

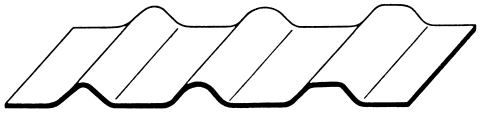
Versteifung durch **Sicken oder aufgeklebte bzw. auflaminierte Profile.**
Ist ein Gestalten mit räumlicher Tragwirkung nicht möglich, so bieten sich die folgenden Versteifungsmöglichkeiten an:



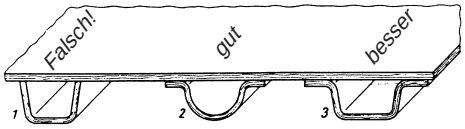
*Sicken*



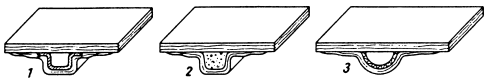
*zusätzliche Verstärkungslagen*



*Profilierung*

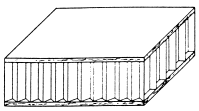



*aufgeklebte Profile*
*1) Falsch! Zu kleine Klebefläche, schlechte Verbindung*
*2) gute Verklebung*
*3) besser, größeres Widerstandsmoment*

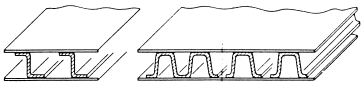



*auflaminierte Profile und verschiedene Werkstoffe als Kerne*
*1) Aluminium*
*2) Hartschaum oder Holz*
*3) Pappe oder halbierter Kunststoffschlauch*

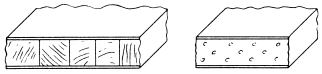
Versteifen durch **Verbundbauweise (Sandwichkonstruktionen)**
Die Verbundbauweise stellt die optimale Lösung für flächige Bauteile mit geringem Gewicht und hoher Steifigkeit dar. Als Kernmaterial werden verwendet: Aramid- und Aluminiumwaben, Hartschäume (z.B. aus Polystyrol, PVC, Polyurethan, PMMA),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



*Waben*

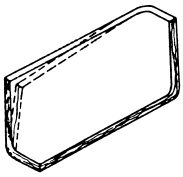


*Profile*

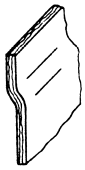


*Holz* *Schaumstoff*

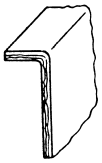
## Versteifen von Bauteilkanten



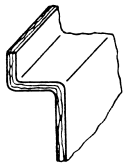
*Glatte Abschlußkanten sind ungünstig, Wandungen neigen zum Durchbiegen*



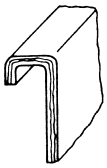
*gut*



*gut*



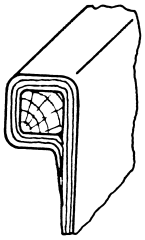
*sehr gut*



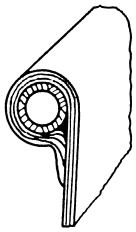
*sehr gut*

*Vollkante, vorzugsweise für Preßmassen, Mattenlaminate bzw. Rovings geeignet*

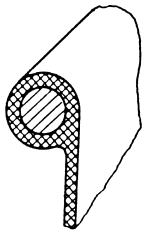
**Einbettungen** zur Versteifung von Abschlußkanten.



*Holz*

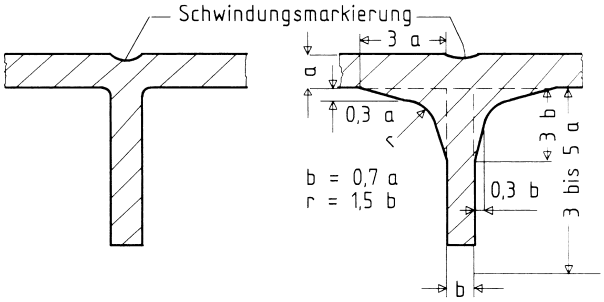


*Metallrohr*



*Stabmaterial*

## Gestaltung von Rippen




*falsch* *richtig*

# Verklebungen

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

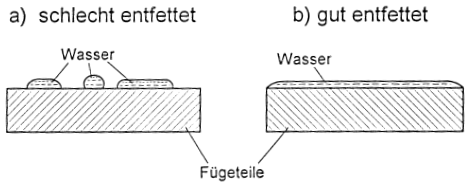
Hierunter versteht man das Entfernen von Schnittgraten und -bei größeren Klebeflächen- das Richten der Fügeteile als Voraussetzung für parallele Klebfugen.

## 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 Silikonverbindungen 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 **c**hlorierten **K**ohlen**w**asserstoffe (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

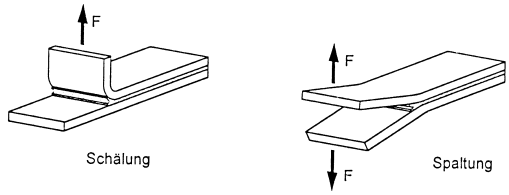
Die vorgenannten Verfahren der Oberflächen-Vorbehandlung (Entfetten und Aufrauhen) reichen in den meisten Fällen aus; sie sind auch verhältnismäßig einfach anzuwenden.

Für höchste Anforderungen ist eine weitergehende chemische Behandlung erforderlich. Die Festigkeitssteigerung beträgt bis zu 20 %.

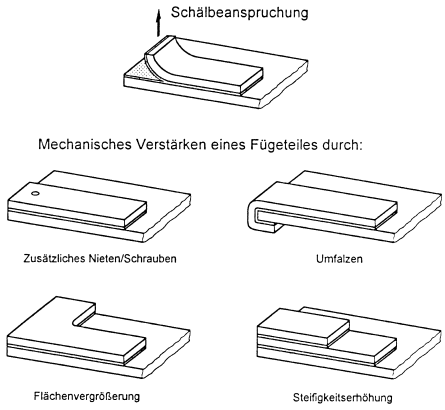
Chemikalienbäder eignen sich wegen ihrer komplizierten Handhabung (Herstellung, Gebrauch, Entsorgung) im Regelfall nicht für eine einzelne Anwendung, sondern nur für die Serie. Der Umgang damit stellt hohe Anforderungen an die Sorgfalt des Verarbeiters und ist nur Fachleuten zu empfehlen.
Rezepturen für Ätzbäder finden sich in der Fachliteratur bzw. können bei R&G angefordert werden.

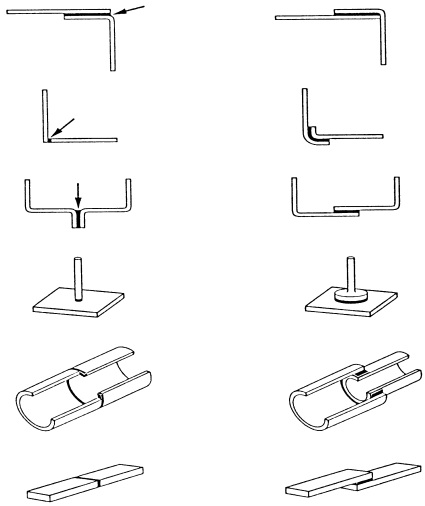
## Gestaltung von Klebungen

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




**Konstruktive Möglichkeiten zur Vermeidung der Schälbeanspruchung**




**Beispiele für ungünstige und günstige klebtechnische Gestaltungen**

*ungünstige Gestaltung* *günstige Gestaltung*