

7. Verbundwerkstoffe

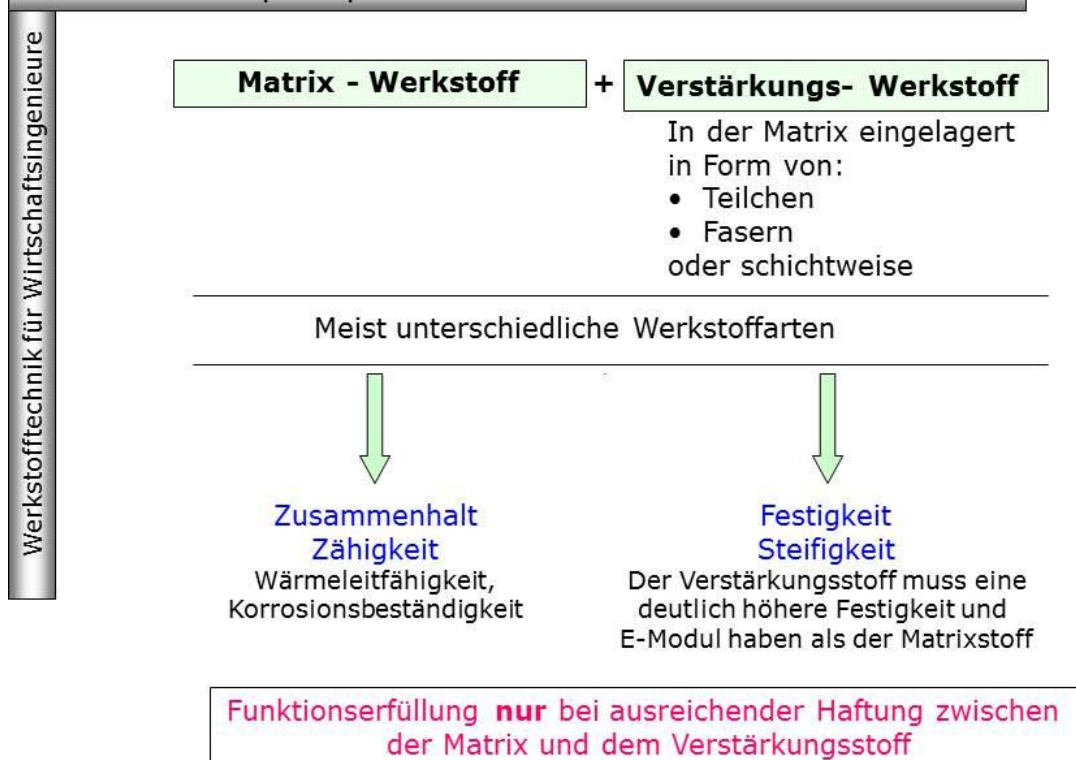
Gezielt aufgebaute Werkstoffe aus zwei oder mehreren Einzelstoffen.
Der Verbund hat Eigenschaften, die kein der Materialien für sich alleine besitzt.

7.1. Bauprinzip und Einteilung von Verbundwerkstoffen

a) Bauprinzip → Bild 7-1

A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-1: Bauprinzip von Verbundwerkstoffen



© Prof. Dr. Bozena Arnold – www.materialmagazin.com

b) Matrixstoffe → Bild 7-2

Das Hauptkriterium für die Auswahl eines Matrixstoffes ist die Einsatztemperatur des Verbundwerkstoffes.

c) Einteilung der Verbundwerkstoffe → Bild 7-3

Verbundwerkstoffe werden nach der Form des Verstärkungsstoffes eingeteilt.

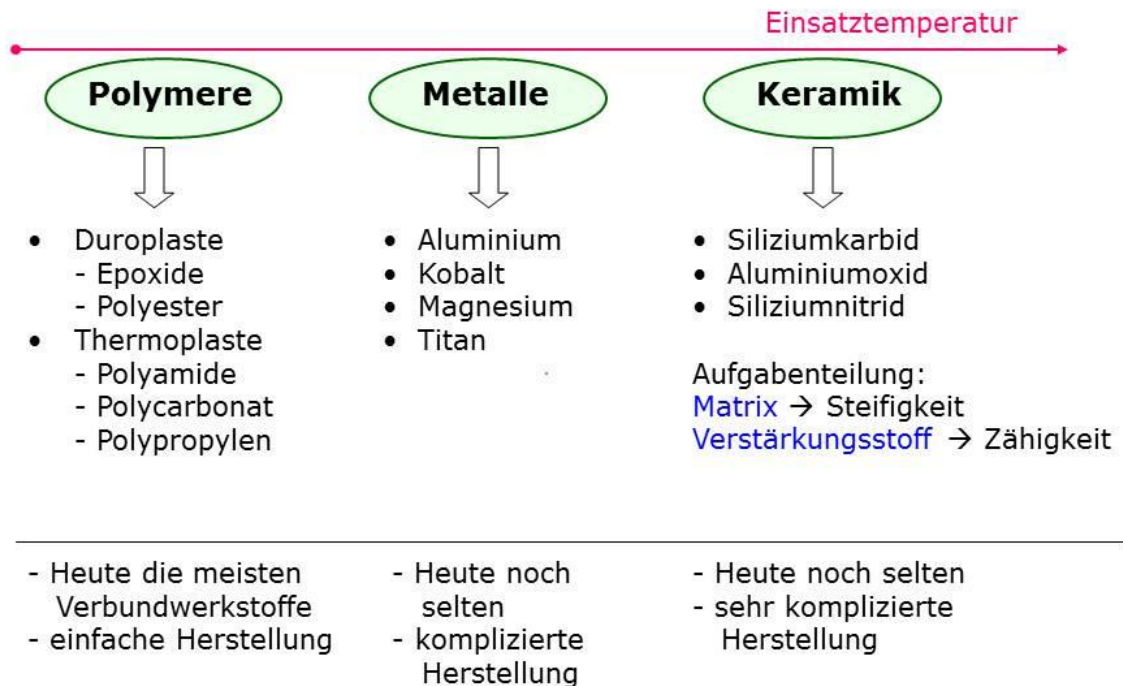
7.2 Teilchenverbundwerkstoffe - Hartmetalle

Zu den Teilchenverbundwerkstoffen gehören u.a. Hartmetalle → Bilder 7-4, 7-5

A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-2: Matrixwerkstoffe

Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure



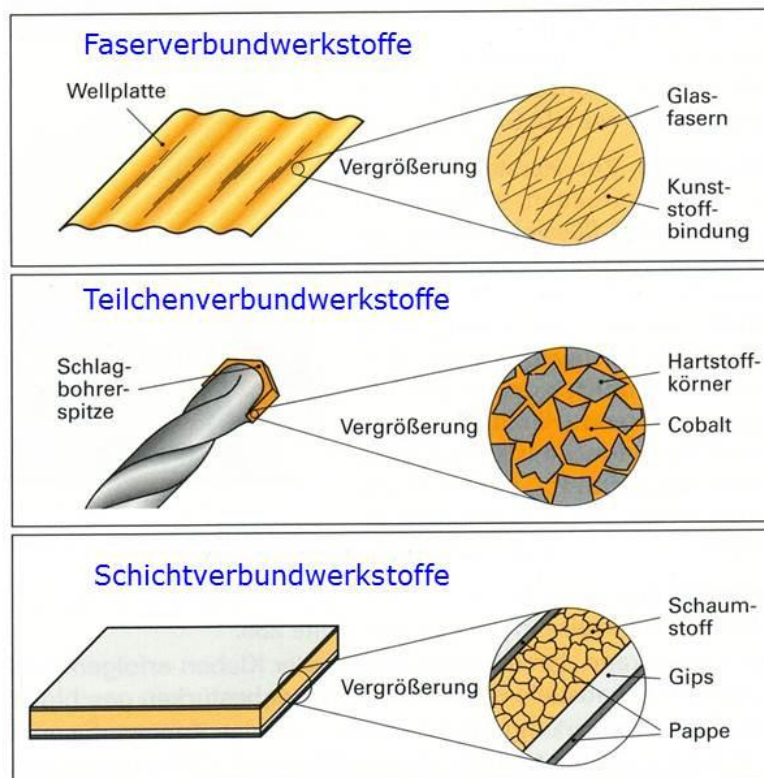
Wichtige Aufgabe der Matrix: Krafteinleitung, deswegen: $\epsilon_B \text{ Matrix} > 3 \cdot \epsilon_B \text{ Faser}$
 ϵ_B - Bruchdehnung

© Prof. Dr. Bozena Arnold – www.materialmagazin.com

A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-3: Einteilung der Verbundwerkstoffe

Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure



Beispiel:

- Glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK)

Beispiel:

- Hartmetalle

Beispiel:

- Verbundplatte

© Prof. Dr. Bozena Arnold – www.materialmagazin.com

Bildquelle: Werkstofftechnik für Metallbauer, Europa Lehrmittel

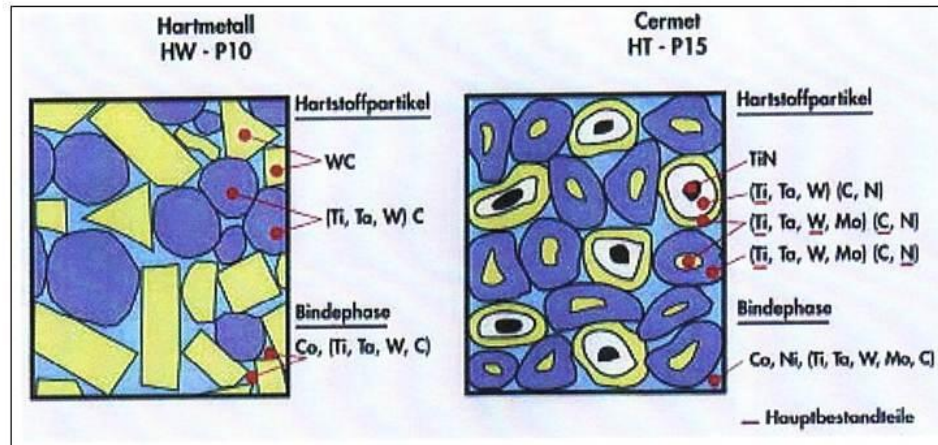
A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-4: Hartmetalle

Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure

Hartmetalle und Cermets

- Matrix: zähes Metall (Kobalt, bis ca. 25%)
- Verstärkungstoff: sehr harte Teilchen von Hartstoffen (meist Karbide und Nitride von Metallen)
- Herstellung: Sintertechnisch aus geeigneten Pulvern
- Cermets haben durch gerundete Teilchen höhere Oxidationsbeständigkeit



A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-5: Eigenschaften und Anwendung von Hartmetallen

Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure

Werkzeuge aus Hartmetall

Hartmetall-Wendeschneidplatten...

...für Dreh-, Bohr- und Fräswerkzeuge

Eigenschaften	Einsatzgebiete
<ul style="list-style-type: none"> • Große Warmhärte (bis 1000 °C) • Hohe Verschleißfestigkeit • Hohe Druckfestigkeit • Schwingungsdämpfend 	<p>Wendeschneidplatten für Fräs- und Drehwerkzeuge, Wendeplattenbohrer, schwingungsdämpfende Werkzeuge aus Vollhartmetall, für nahezu alle Werkstoffe einsetzbar</p>

- sehr hohe Härte (bis 2000HV)
- ausreichende Zähigkeit
- hohe Dichte (ca. 15 g/cm³)



7.3 Faserverbundwerkstoffe

- Matrix: meist Polymere
z.B.: Epoxidharz, Polyesterharz, neulich auch Thermoplaste
- Verstärkungstoff: Faserwerkstoffe
- Verbund: Leichtbauwerkstoff mit guter spezifischer Festigkeit und Steifigkeit
 - spezifische Festigkeit: Zugfestigkeit/Dichte des Werkstoffs
 - spezifische Steifigkeit: E-Modul/Dichte

7.3.1 Faserwerkstoffe

Ein Werkstoff in Form einer sehr dünnen Faser und mit anderen Eigenschaften als in der kompakten Form.

a) Arten und Verwendungsformen von Faserwerkstoffen → Bild 7-6

A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-6: Faserwerkstoffe

Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure

- Meist Kreisquerschnitt
- $L:D \gg 1$, $L:D < 10^4$ - Kurzfasern
L - Länge
D - Durchmesser (meist ca. 10µm)
- Bessere Festigkeit als die des Werkstoffs in kompakter Form durch günstige statistische Verteilung von Fehlstellen

Wichtige Faserwerkstoffe:

- Glasfasern
- Kohlenstofffasern
- Aramidfasern
- Borfasern
- Polyethylenfasern
- Siliziumkarbid-Fasern

Verwendungs-Formen (Lieferformen) der Faserwerkstoffe

- Rovings** - unidirektionale, nicht versponnene Fasern
Durchmesser ca. 1,0mm
- Matten** - unverwebte, zufällig orientierte Fasern
- Gelege** - durch dünne Fäden zusammengehaltene Rovings in einer oder mehreren Lagen
- Gewebe** - verwobene Faserbündel, die wichtigsten textilen Halbzeuge



Gewebe aus Kohle-, Aramid- und Glasfaser (v. links)

b) Wichtige Faserwerkstoffe → Bild 7-7

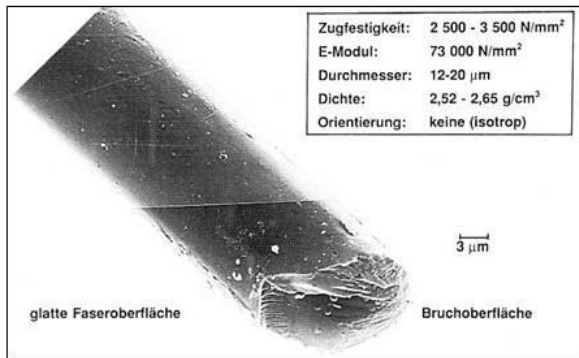
7.3.2 Eigenschaftsbeeinflussung von Faserverbundwerkstoffen

Grundeigenschaften werden durch die Auswahl eines Matrix- und Faserwerkstoffes bestimmt. → Bild 7-8

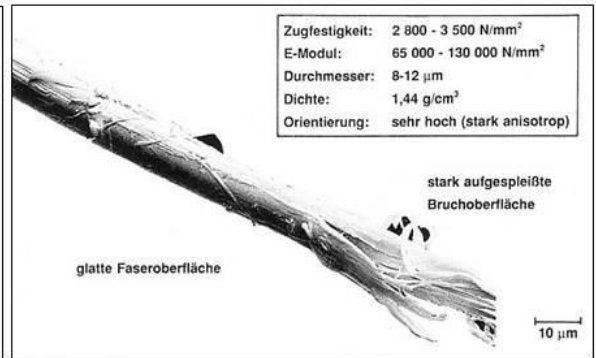
A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-7: Hauptarten von Faserwerkstoffen

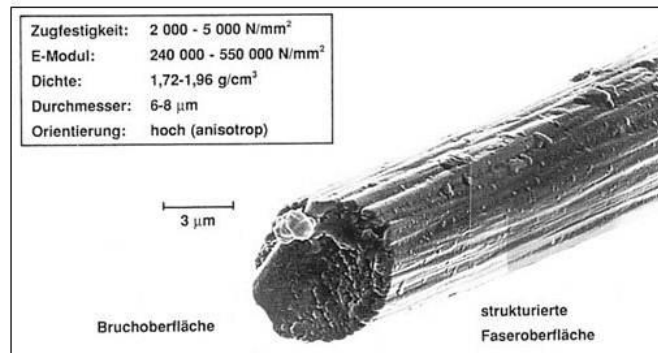
Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure



Glasfaser



Aramidfaser



Kohlenstoff-Faser

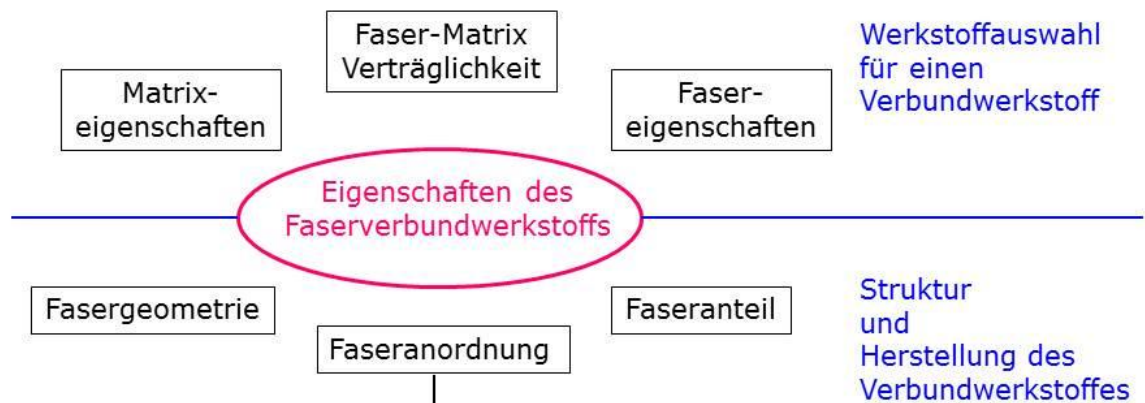
© Prof. Dr. Bozena Arnold – www.materialmagazin.com

Bilderquelle: G. W. Ehrenstein - Kunststoff-Schadensanalyse

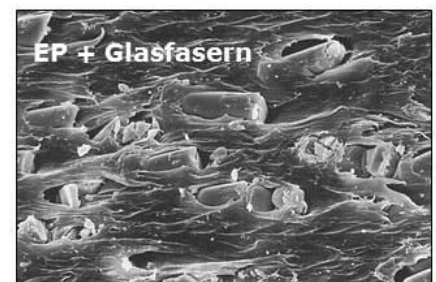
A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-8: Beeinflussung von Eigenschaften der Faserverbundwerkstoffen

Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure



Fasern in einer Richtung	Fasern in zwei Richtungen	Fasern in allen Richtungen	Fasern in Umfangsrichtung
Faser-gelege	Faser-gewebe	Fasermatte	Wickel-gelege
große Verstärkung in einer Richtung	mittlere Verstärkung in zwei Richtungen	mittlere Verstärkung in allen Richtungen	große Verstärkung gegen Innendruck



Bruchfläche eines Faserverbundes

© Prof. Dr. Bozena Arnold – www.materialmagazin.com

Weitere Beeinflussung von Eigenschaften erfolgt durch → Bild 7-8:

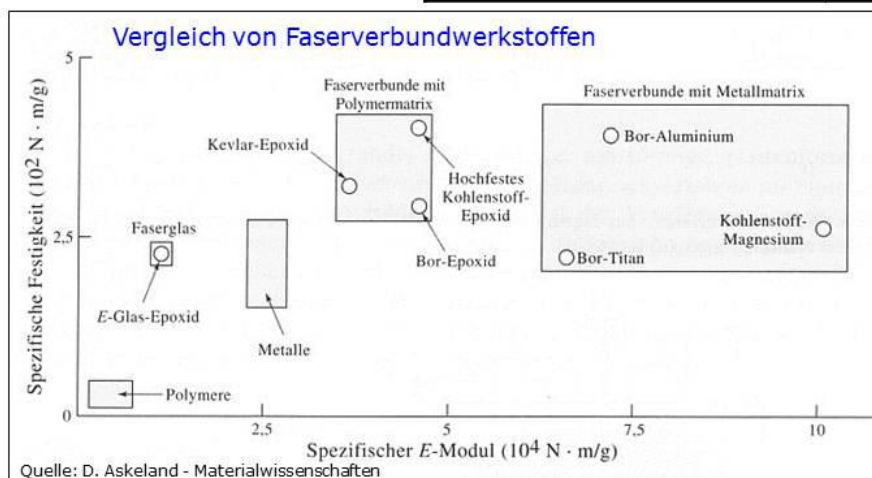
- Faseranteil
 - Je höher er ist, desto besser die Festigkeit.
 - Max. 80% wegen des Zusammenhalts
- Fasergeometrie
 - Je größer das Verhältnis L/D (d.h. je länger die Fasern) desto besser die Festigkeit.
 - Sehr gut für Verbunde sind sog. Endlosfasern.
 - In der Praxis oft ein Kompromiss zwischen Herstellungsaufwand und den erzielbaren Eigenschaften:
 - meist Fasern oberhalb eines kritischen Wertes von L_c/D
 - diese kritische Länge L_c wird ermittelt
 - und wenn Faserlänge ca. 15-mal L_c , dann Verhalten als endlose Fasern
- Faseranordnung und dadurch
 - Anpassung der Belastbarkeit der Verbunde an die Einsatzbedingungen
 - Erzielung isotroper bzw. anisotroper Eigenschaften
 - Eine Eigenheit der Faserverbunde: Fasern können auch zu dreidimensionalen Anordnungen verflochten werden.

7.3.3 Einteilung und Vergleich von Faserverbundwerkstoffen → Bild 7-9

A207-Verbundwerkstoffe

Bild 7-9: Einteilung und Vergleich der Faserverbundwerkstoffe

Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure	Faserverstärkte Kunststoffe	Faserverbundwerkstoff	Haupt-Matrixstoff
		Glasfaserverstärkte Kunststoffe GFK	Polyesterharze Epoxidharze
	Faserverstärkte Metalle	Kohlefaserverstärkte Kunststoffe CFK	Epoxidharze
	Faserverstärkte Keramik	Aramidfaserverstärkte Kunststoffe AFK	Epoxidharze



Leichtflugzeug aus faserverstärkten Kunststoffen