



# Glasfasern

## Herstellung und Eigenschaften

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.

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  $\mu\text{m}$  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  $\text{SiO}_2$  (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.

### 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 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:

Medium	E-Glas
Essigsäure	bis 15 %
Salpetersäure	< 30 %
Salzsäure	15 - 30 %
Schwefelsäure	< 30 %
Ammoniak	15 - 30 %
Natronlauge	< 30 %
Chlorwasserstoff (nach 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 **CS-Interglas** (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.

### Warum gefinischte Glasgewebe?

Glasfilamentgarne werden vom Faserhersteller mit einer Textilschichte versehen, um das Garn während der Verarbeitungsprozesse (Zetteln, Weben) zu schützen. Diese Schichte besteht aus Stärke und Ölen und wirkt einer Haftung zwischen Faser und Harz entgegen.

Um eine gute Haftung zu erreichen, wird die Textilschichte von CS-Interglas-Geweben 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 Textilschichte und Finish stellt die Silanschichte dar. Der Faden ist hierbei mit einer Schichte versehen, die haftvermittelndes Silan sowie Gleit- und Schmiermittel als Verarbeitungshilfe enthält. Die Eigenschaften in den textilen Prozessen sind zwar schlechter als diejenigen der Textilschichte, jedoch erübrigt sich eine Nachbehandlung nach dem Weben.

### Verarbeitung

Gefinischte Gewebe sind weicher und geschmeidiger. Beim Laminieren ist die Tränkung besser und die Tränkgeschwindigkeit bedeutend höher. **Glasklare Laminat** sind daher nur mit gefinischtem Geweben zu erreichen.

### Festigkeitseigenschaften

Die Haftung der gefinishten Gewebe am Harz ist besser als die von Geweben mit Silanschichte und bedeutend besser als die von Geweben mit Textilschichte, 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 interlaminae 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 gefinishten Geweben.

### Zusammenfassung

Laminat aus gefinishten Geweben sind in Zugfestigkeit und interlaminae Scherfestigkeit Laminaten aus Geweben mit Textilschichte deutlich überlegen. Insbesondere zeigt sich die Überlegenheit in der interlaminae 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.

### 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.

**Faserspritzrovings** zerfallen nach dem Schneiden sofort in Einzelfäden. Rovings zum **Wickeln** und **Handlaminierten** (R&G

Glasroving 2400 tex) sind wesentlich feiner und besitzen einen besseren Zusammenhalt.

### Textilglasmatten

Textilglasmatten zum Handlaminierten 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.

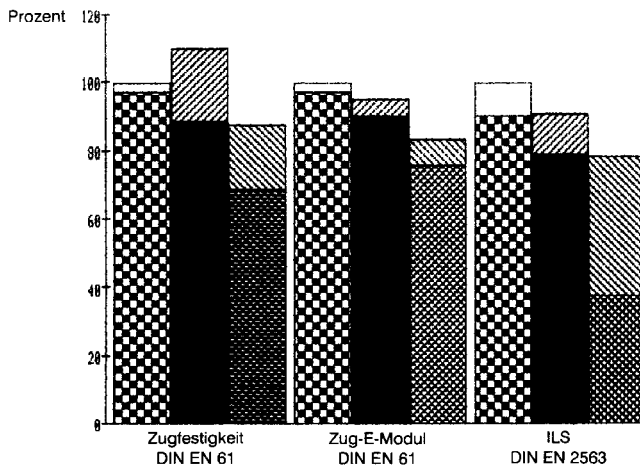
### Toxizität und Lagerung

Glasgewebe enthalten keine gesundheitsgefährdenden oder giftigen Stoffe. Aufgrund der Filamentdurchmesser (größer als 4  $\mu$ m) und der chemischen Struktur des Glases treten nach bisherigen Erkenntnissen keine cancerogenen Wirkungen auf. Die maximal zulässige Arbeitsplatzkonzentration von Glasstaub beträgt 6 mg/m<sup>3</sup> (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 Schichte 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 Textilschichte/Silanschichte/Finish



#### Trockene Laminat

Nach dem Härten 24 h  
Lagerung in Normalklima  
(23 °C, 50 % rel. Feuchtigkeit)

#### Nasse Laminat

Nach dem Härten 2 h in  
destilliertem Wasser kochen

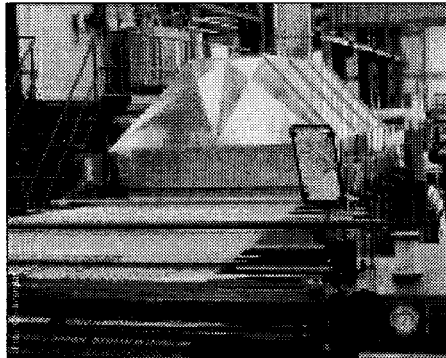
- Finish I 550 trocken
- Finish I 550 nass
- Silan trocken
- Silan nass
- TS trocken
- TS nass



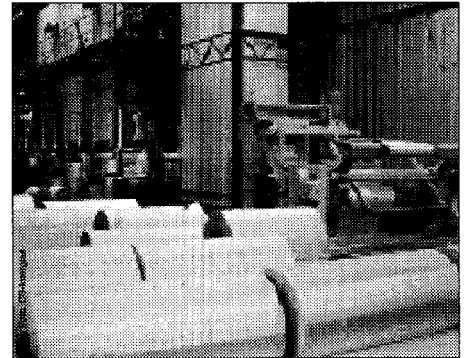
**Daten der E-Glasfaser**

Eigenschaften E-Glas	Einheit	E-Glas
Dichte	g/cm <sup>3</sup> /20 °C	2,6
Zugfestigkeit	MPa	3400
E-Modul	GPa	73
Bruchdehnung	%	3,5 - 4
Querkontraktionszahl	---	0,18
spez. elektrischer Widerstand	$\Omega$ /cm 20 °C	10 <sup>15</sup>
Dielektrizitätskonstante	10 <sup>6</sup> Hz	5,8 - 6,7
Therm. Ausdehnungskoeffizient	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	5
Chemische Zusammensetzung (Richtwerte)		
SiO <sub>2</sub>	%	53 - 55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	14 - 15
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	6 - 8
CaO	%	17 - 22
MgO	%	< 5
K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O	%	< 1
andere Oxide	%	ca. 1

**Blick in die Weberei der CS-Interglas AG**



Schlichtemaschine zur Ketherstellung



Wendewickler - Einlauf in die Finish-Anlage

6

**Bezeichnungsbeispiele nach DIN 60850 und ISO 2078**

Glasfilamentgarne	E C 9 - 68 Z 28	
Glasfilamentzwirn	E C 9 - 136 Z 28	x2 S 135
gefachtes Glasfilamentgarn	E C 9 - 136 Z 28	x5 t0
texturiertes Glasfilamentgarn	E C 9 - 136	T 145
Stapelfasergarn	C D 9 - 125 Z 110	

Bezeichnung der Glasart  
E = E-Glas, C = C-Glas

Kurzzeichen der Faserform  
C = continuous (Endlosfasern)  
D = discontinuous (Stapelfasern)

Filamentdurchmesser in  $\mu$ m

Garnfeinheit in tex

resultierende Garnfeinheit nach dem Texturieren in tex

Drehungsrichtung und -anzahl je m der Zwirnung (t0 = ohne Drehung)

Anzahl der gezwirnten bzw. gefachten Einzelgarne

Drehungsrichtung und -anzahl je m des Garnes

# Glasfilamentgewebe

## Harzverbrauch, Laminatdicken und Laminatgewicht



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



Universität-GH Paderborn

### Vorgaben:

$\rho_{\text{Faser}} = 2,6 \text{ g/cm}^3$  (spez. Fasergewicht)  
 $\rho_{\text{Harz}} = 1,1 \text{ g/cm}^3$  (spez. Gewicht der Harz/Härter-Mischung)

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.

### Glasfilamentgewebe 25 g/m<sup>2</sup>

Faser-Volumenanteil	Harzverbrauch g/m <sup>2</sup>	Laminatdicke mm	Laminatgewicht g/m <sup>2</sup>
30 %	25	0,032	50
35 %	20	0,027	45
40 %	16	0,024	41
45 %	13	0,021	38
50 %	11	0,019	36
55 %	9	0,017	34
60 %	7	0,016	32

### Glasfilamentgewebe 49 g/m<sup>2</sup>

Faser-Volumenanteil	Harzverbrauch g/m <sup>2</sup>	Laminatdicke mm	Laminatgewicht g/m <sup>2</sup>
30 %	48	0,063	97
35 %	39	0,054	88
40 %	31	0,047	80
45 %	25	0,042	74
50 %	21	0,038	70
55 %	17	0,034	66
60 %	14	0,031	63

### Glasfilamentgewebe 58 g/m<sup>2</sup>

Faser-Volumenanteil	Harzverbrauch g/m <sup>2</sup>	Laminatdicke mm	Laminatgewicht g/m <sup>2</sup>
30 %	57	0,074	115
35 %	46	0,064	104
40 %	37	0,056	95
45 %	30	0,050	88
50 %	25	0,045	83
55 %	20	0,041	78
60 %	16	0,037	74

### Glasfilamentgewebe 80 g/m<sup>2</sup>

Faser-Volumenanteil	Harzverbrauch g/m <sup>2</sup>	Laminatdicke mm	Laminatgewicht g/m <sup>2</sup>
30 %	79	0,103	159
35 %	63	0,088	143
40 %	51	0,077	131
45 %	41	0,068	121
50 %	34	0,062	114
55 %	28	0,056	108
60 %	23	0,051	103


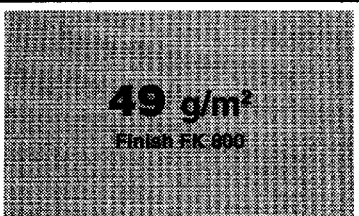
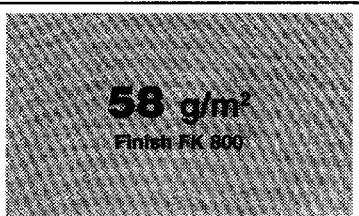



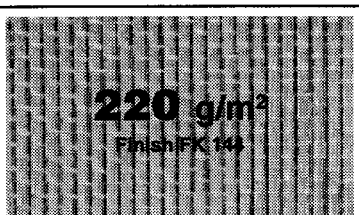
### Glasfilamentgewebe 105 g/m<sup>2</sup>

Faser-Volumenanteil	Harzverbrauch g/m <sup>2</sup>	Laminatdicke mm	Laminatgewicht g/m <sup>2</sup>
30 %	104	0,135	209
35 %	83	0,115	188
40 %	67	0,101	172
45 %	54	0,090	159
50 %	44	0,081	149
55 %	36	0,073	141
60 %	30	0,067	135

### Glasfilamentgewebe 163 g/m<sup>2</sup>

Faser-Volumenanteil	Harzverbrauch g/m <sup>2</sup>	Laminatdicke mm	Laminatgewicht g/m <sup>2</sup>
30 %	161	0,209	324
35 %	128	0,179	291
40 %	103	0,157	266
45 %	84	0,139	247
50 %	69	0,125	232
55 %	56	0,114	219
60 %	46	0,104	209



Glasfilamentgewebe	Anwendungsgebiet	R&G Bestell-Nr. CS-Interglas-Nr. MIL-C-9084 WLB-Nr.	Breite cm	Faden- zahl Fd/cm (DIN 53 855) ↓ x →	Garn- type (DIN 90 850) ↓ x →	Dicke mm <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>	Bindung
 <b>25 g/m<sup>2</sup></b> Finish FK 900	Holz/Furnier-Beschichtungen (Tragflächenbeschichtung), Wabensandwich-Bauteile (min. 2 Lagen), Leiterplatten.	R&G 190 100-X CS-ITG 02034	110	22 x 22	EC 5-5,5 x EC 5-5,5	<sup>1)</sup> 0,05 <sup>2)</sup> 0,02	Leinwand
 <b>49 g/m<sup>2</sup></b> Finish FK 900	Holz/Furnier-Beschichtungen (Tragflächenbeschichtung), Wabensandwich-Bauteile (min. 2 Lagen), Leiterplatten.	R&G 190 105-X CS-ITG 02037	110	24 x 18,5	EC 5-11 x EC 5-11	<sup>1)</sup> 0,07 <sup>2)</sup> 0,04	Leinwand
 <b>58 g/m<sup>2</sup></b> Finish FK 900	Holz/Furnier-Beschichtungen (Tragflächenbeschichtung), Wabensandwich-Bauteile (min. 2 Lagen), Leiterplatten, dünnwandige Lamine. Sehr dicht gewebt, daher <b>geringe Harzaufnahme</b> .	R&G 190 106-X CS-ITG 02085	103	23,6 x 26	EC 5-11 x EC 5-11	<sup>1)</sup> 0,07 <sup>2)</sup> 0,06	Leinwand
 <b>80 g/m<sup>2</sup></b> Finish FK 144	Sandwich-Bauteile, Beschichtungen, kleinere GFK-Teile, Platten	R&G 190 110-X CS-ITG 90070 WLB 8.4505.60 GFW 10 (DIN 61854 T.2)	100	12 x 11,5	EC 9-34Z x EC 9-34Z	<sup>1)</sup> 0,10 <sup>2)</sup> 0,07	Leinwand
 <b>105 g/m<sup>2</sup></b> Finish FK 144	Herstellung von Tragflächen in Sandwichbauweise, GFK-Platten- und Bauteile mit hohem Faseranteil. Sehr dicht gewebt, daher <b>geringe Harzaufnahme</b> .	R&G 190 113-X CS-ITG 91111 MIL III WLB 8.4544.60	100	24 x 23	EC 5-11x2S x EC 5-11x2S	<sup>1)</sup> 0,14 <sup>2)</sup> 0,10	Kreuzköper 1/3
 <b>163 g/m<sup>2</sup></b> Finish FK 144	Häufig eingesetztes <b>Standard-Gewebe</b> . Modellbaurümpfe, Sportgeräteeinbau, Urmodellbeschichtung, Reparaturen, Verstärkungen. Anschmiegsam, leichte Tränkung, gute Transparenz.	R&G 190 120-X CS-ITG 92110 WLB 8.4548.60 GFW 23 (DIN 61854 T.2)	100	12 x 11,5	EC 9-68Z x EC 9-68Z	<sup>1)</sup> 0,18 <sup>2)</sup> 0,15	Köper 2/2
 <b>220 g/m<sup>2</sup></b> Finish FK 144	Alle Bereiche, in denen Festigkeit und Steifigkeit in eine <b>Vorzugsrichtung</b> gefordert ist, z.B. Holme und Holmgurte.	R&G 190 157-X CS-ITG 92145 WLB 8.4520.60 GFW 23 (DIN 61854 T.2)	100	6 x 7	EC 9-68x5 tO x EC 7-22Z	<sup>1)</sup> 0,25 <sup>2)</sup> 0,20	Leinwand

<sup>1)</sup> Dicke für Trockengewebe nach DIN 53 855

<sup>2)</sup> Dicke einer Lage im Laminat bei einem Faservolumenanteil von 43 %

↓ Kettrichtung

→ Schußrichtung

n.b. = nicht bestimmt

Abbildungen leicht vergrößert