

## Allgemeine Angaben

Der textilen Flächenbildung kommt im Hinblick auf technische und technologische Eigenschaften von Faserkunststoffverbunden (FKV) neben der Faserauswahl die wohl größte Bedeutung zu. Die Verfahren zu ihrer Herstellung sind einerseits bereits sehr ausgereift und lange erprobt, zum anderen bieten sie noch deutliches Potential zur Weiterentwicklung. Dies betrifft insbesondere folgende Schwerpunkte:

- Erweiterung auf mehrschichtige o. räumliche Strukturen
- Kombination der Verfahren mit- und untereinander
- Kombination uni-, bi- oder multiaxialer Verstärkungen
- Verarbeitung hybrider Garne oder Rovings
- schädigungsarme Verarbeitung
- Integration mehrerer Funktionen in einer textilen Struktur (Verstärken, Messen, Schutz, aktorische Elemente)

Insbesondere der Entwicklung hybrider Strukturen kommt dabei eine große Bedeutung zu. Dabei können die Integration unterschiedlicher Fasermaterialien (z. B. Glas-, Aramid- und Kohlenstofffasern), Fadensysteme (z. B. Roving, Garn, Zwirn) und Flächenbildungsverfahren (z. B. Kombination von Maschenware und UD (unidirektional)-Gelegen im multiaxialverstärkten Gestrück) zu Strukturen mit deutlich verbesserten Eigenschaften führen.

Die wichtigsten am Markt etablierten Strukturen sind Gewebe, Gelege, Gestrücke, Geflechte, Wickelstrukturen aus Fäden und Vliese aus Fasern.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Verfahren zur textilen Flächenbildung.

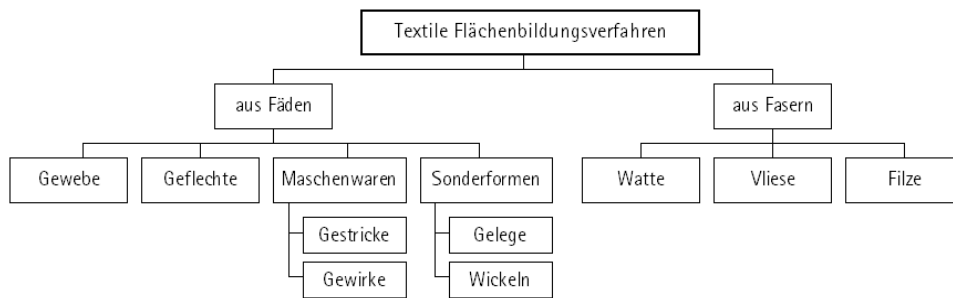


Abbildung 1: Systematisierung der Verfahren zur textilen Flächenbildung

## Gewebe / Weben

Das im kommerziellen Umfeld bisher am weitesten verbreitete Verfahren ist das Weben. Der Anteil der Gewebe an den technischen Textilien ist jedoch stark rückläufig. Beim Weben werden im Allgemeinen zwei Fadensysteme in 0°- und 90°-Richtung dadurch miteinander verbunden, dass in das Kettfadensystem durch abwechselndes Verschwenken eines Teils dieser Fäden nach oben und unten bei gleichzeitigem Einbringen eines oder mehrerer querender Schussfäden durch Webschiffchen-, Druckluft- oder Greifersysteme eine stabile Fläche erzeugt wird. Die Anteile beider Fadensysteme können dabei sehr stark variiert werden. Unterschiedliche Bindungstechniken wie Atlas-, Körper- oder Leinwand-Bindung (Abb. 2) führen zu Strukturen mit unterschiedlichen Eigenschaften. Sie können sich hinsichtlich Drapierbarkeit, Ver-

schiebesteifigkeit, Weitereißfestigkeit, Steifigkeit und Festigkeit unterscheiden. Das größte Potential des Webens liegt momentan auf dem Gebiet der triaxialen Gewebe (Abb. 2), der Mehrlagengewebe und der Abstandgewebe. Außerdem können durch Anpassungen an den Maschinen kett- und schussfadenmodifizierte Strukturen mit Öffnungen oder verschwenkten Fäden (z. B. zur Verstärkung von Durchbrüchen oder Dübellöchern) hergestellt werden. Die Zugfestigkeit von gewebeverstärkten Kunststoffen beträgt bei gleichem Faservolumengehalt nur etwa 50...80% der Festigkeit von UD-Gelegeverstärkten Faserkunststoffverbunden (FKV), die Lochleibungsfestigkeit liegt bei etwa 70% im Vergleich zu Maten- oder Vliesverstärkungen und etwa 50% von kett- und schussfadenmodifizierten Gelegestrukturen oder biaxial-verstärkten Gestrücken.

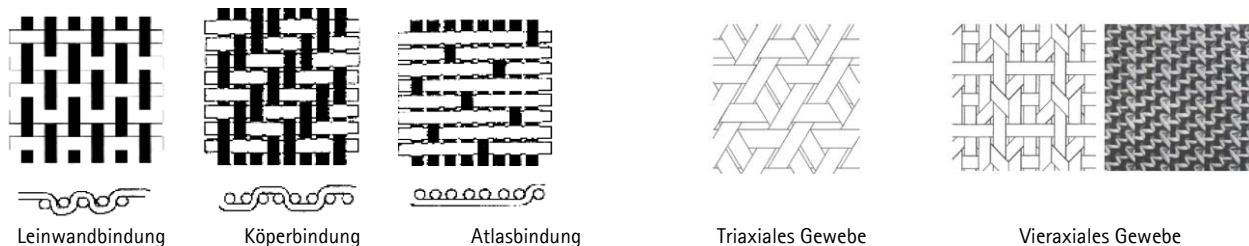


Abb. 2: Bindungstechniken und Gewebearten

Kontakt	Ansprechpartner	Telefon	E-Mail
Institut für angewandte Forschung im Bauwesen (laFB) e.V., Sophienstr. 33A, D-10178 Berlin	Hr. Hamann, Hr. Birk	++49 (0)30 28 39 28 -0	mail@iafb.de

**Vorteile:**

- hohe Verschiebefestigkeit
- geeignet für alle Fadenarten und -systeme
- preisgünstiges Verfahren zur Erzeugung großer Flächen
- große Arbeitsbreiten möglich, quasi endlose Fertigung

**Nachteile:**

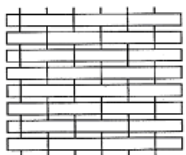
- bei Diagonalbelastung instabile Kette-Schuss-Systeme
- geringe Weiterreißfestigkeit
- keine gestreckte Fadenlage, deshalb geringere Steifigkeiten und Festigkeiten als z. B. Gelege
- wegen des hohen Aufwandes zum Beschicken/Einrichten der Maschine für Kleinserien zu teuer
- wenig flexibel

**Gelege**

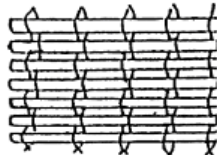
Gelege werden durch lagenweises Ablegen gerichteter Fäden oder Fadenscharen übereinander hergestellt. Die Fixierung kann beispielsweise durch Vernähen, Nähwirken, Kleben (Aufsprühen von Klebern) oder das Schmelzen thermoplastischer Anteile des Fadenmaterials (thermische Verfahren) erfolgen. Zusätzlich können Trägerstrukturen wie Vliese o.ä. als Applikationshilfe eingearbeitet werden. Die Fadenlagen werden bei der Herstellung nicht gekreuzt, dadurch erreichen gelegeverstärkte FKV erheblich höhere Steifigkeiten und Festigkeiten.

Durch die punktuelle Fixierung weisen die Strukturen eine hohe Verschiebefestigkeit auf – allerdings nimmt dadurch auch die Drapierbarkeit ab. Die wichtigsten Gelegearten sind in Abb. 3 dargestellt.

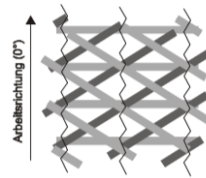
Gelege bieten die meisten Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich Fadenart, -lage und -winkel und stellen deshalb einen Forschungsschwerpunkt im Umfeld der Textiltechnik dar. Ihr Anteil am Gesamtvolumen der technischen Textilien ist stark zunehmend – er beträgt momentan um 50%.



UD-Gelege



verwebtes UD-Gelege



nähgewirktes Multiaxial-Gelege 60°/90° und seine technische Umsetzung

Abb. 3: Gelegearten

**Vorteile:**

- gestreckte Fadenlagen, dadurch hohe Festigkeiten und Steifigkeiten möglich
- geeignet für alle Fadenarten und -systeme
- hohe Verschiebefestigkeit und dimensionsstabil
- hohe Weiterreißfestigkeit
- multiaxiales Ablegen der Fäden (tri- oder mehraxial), dadurch Erzeugen von unidirektionalen, mehraxialen oder isotropen Eigenschaften möglich
- geschlossene, halboffene o. offene Strukturen möglich
- variable Abstände zwischen den Fäden möglich

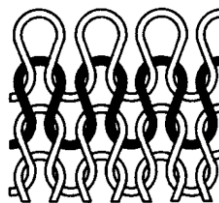
**Nachteile:**

- schlecht drapierbar
- geringe Festigkeiten in „Dickenrichtung“ der Struktur; ggf. frühzeitiges Schub- oder Querkzugversagen in der Fuge zwischen den Lagen

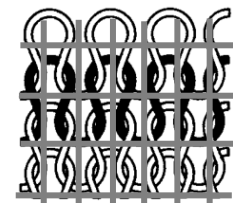
**Gestricke**

Durch Stricken lassen sich optimierte Strukturen für lokale Verstärkungen herstellen. Unverstärkte Gestricke weisen vor der Konsolidierung mit Matrixharzen eine sehr gute Drapierbarkeit auf – im Verbund haben sie dann ein sehr gutes Arbeitsvermögen. Werden duktile Fasern wie Aramid in der Maschenware verarbeitet, lässt sich dieser Effekt noch verstärken. Aus den nicht gekrümmten Bereichen der Maschen lassen sich bereits gute Verstärkungswirkungen erreichen – in Kombination mit gestreckt eingearbeiteten mono- oder biaxialen Verstärkungsrovings lassen sich steife und hochfeste FKV-Konstruktionen mit einem sehr guten Nachbruchverhalten herstellen. Man unterscheidet zwischen Flach- und Rundgestricken.

Eine Unterteilung in unverstärkte und (mono oder biaxial) verstärkte Gestrickstrukturen ist hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften sinnvoll, vgl. Abb.4.



unverstärktes Rechts-Links (RL)-Gestrick



RL-Gestrick mit biaxialer Kett- und Schussfadenverstärkung

Abbildung 4: unverstärktes und verstärktes Gestrick

Kontakt	Ansprechpartner	Telefon	E-Mail
Institut für angewandte Forschung im Bauwesen (laFB) e.V., Sophienstr. 33A, D-10178 Berlin	Hr. Hamann, Hr. Birk	++49 (0)30 28 39 28 -0	mail@iafb.de

**Vorteile:**

- gute Drapierbarkeit
- hohe Weiterreißfestigkeit
- hohe Duktilität
- Möglichkeit zur bi- oder multiaxialen Verstärkung
- niedrige Kosten, kurze Umrüstzeiten
- mono- oder biaxiale Verstärkung möglich, dabei jedoch Beschränkung auf Maschenreihen- und Maschenstäbchenrichtung (zumeist 0°/90°)
- gute Lochleibungstragfähigkeit

**Nachteile:**

- nicht für alle Fasersysteme geeignet (Kohlefasern lassen sich nicht schädigungsfrei verstricken)
- geringer Produktionsdurchsatz, dadurch nur für lokale Verstärkungen ökonomisch sinnvoll

**Geflechte**

Beim Geflecht werden Rund- (Schlauch) und Flachgeflecht (Litze) unterschieden (siehe Abb. 5). Beide Strukturen entstehen durch abwechselndes Verschlingen mehrerer Fäden/Fadensysteme mit- und untereinander. Dabei sind bi- und triaxiale Durchbildungen möglich.

Geflechte lassen sich sehr gut drapieren. Dabei gehen allerdings Dehnungen in der einen Richtung mit starken Einschnürungen in der anderen Richtung einher. Der Formfindung für den Endzustand kommt beim Flechten also eine besondere Bedeutung zu.



Abbildung 5: Flachgeflecht und seine technische Umsetzung

**Vorteile:**

- gute Drapierbarkeit
- hohe Weiterreißfestigkeit
- hohe Duktilität
- Möglichkeit zur bi- oder multiaxialen Verstärkung
- niedrige Kosten, kurze Umrüstzeiten
- mono- oder biaxiale Verstärkung möglich, dabei jedoch Beschränkung auf Maschenreihen- und Maschenstäbchenrichtung (zumeist 0°/90°)
- gute Lochleibungstragfähigkeit

**Nachteile:**

- nur begrenzte Flexibilität der Maschinen hinsichtlich Variation der Halbzeuggeometrie etc.
- geringer Produktionsdurchsatz, dadurch nur für lokale Verstärkungen ökonomisch sinnvoll

**Wickelstrukturen**

Das Wickeln ist kein Verfahren zur textilen Flächenbildung im eigentlichen Sinne. Die erstellten Strukturen entstehen durch das Ablegen von Fäden oder Fadensystem auf einer Form (verlorenen Schalung) oder direkt auf einem Bauteil (Rohr, Behälter). Dabei können dem Wickelprozess Fadensysteme zugeführt werden, die sich hinsichtlich Faserart, Faserfeinheit, Aufmachung etc. unterscheiden können.

Damit besteht die Möglichkeit, Strukturen mit einer maximalen Variabilität zu fertigen. Durch die mit Vorspannung abgelegten Fadenscharen entstehen sehr steife und in Abhängigkeit vom eingesetzten Fadenmaterial auch sehr feste Verstärkungsstrukturen.



Abbildung 6: Wickelung

Kontakt	Ansprechpartner	Telefon	E-Mail
Institut für angewandte Forschung im Bauwesen (laFB) e.V., Sophienstr. 33A, D-10178 Berlin	Hr. Hamann, Hr. Birk	++49 (0)30 28 39 28 -0	mail@iafb.de

**Vorteile:**

- freier Faserwinkel zwischen 5°..85°
- gestreckte Fadenlagen
- Nass- und Trockenverfahren möglich (ggf. gleichzeitiges Aufbringen des Harzes)

**Nachteile:**

- textile Struktur nicht selbsttragend, ohne Zwischenfixierung oder Konsolidierung mit Matrices kein Ausschalen möglich
- Begrenzungsflächen der Strukturen müssen konvex oder zumindest eben sein; auf konkaven Flächen können die Fäden nicht definiert abgelegt werden

**Vliese**

Vliesstrukturen können gerichtet (uni-, bi- und multidirektional) und ungerichtet (wirr) gefertigt werden. Damit stellen sie hinsichtlich der Ausrichtung der Verstärkungsfasern die Struktur mit der größten Bandbreite dar. Wirrfaservliese werden zumeist aus Kurz- oder Schnitffasern hergestellt und gelangen als Faservliesstoff in den Handel.

Gerichtete Strukturen werden im Allgemeinen aus langfasrigen Filamenten hergestellt und als Filamentvliesstoff vertrieben. Die Bindung bzw. das Verfestigen der einzelnen Fasern erfolgt durch Vernadeln – damit entsteht eine wenig drapierbare, in ihrer Ebene wenig flexible Struktur.

**Vorteile:**

- isotrope Verstärkungswirkung in der Ebene
- Flexibilität in der Ausrichtung der Verstärkungsfasern
- gerichtete und ungerichtete Struktur möglich

**Nachteile:**

- wenig drapierbar
- wenig flexible Stuktur in der Ebene

**Einsatzmöglichkeiten / Anwendungsempfehlungen**

Durch die zuvor beschriebenen Arten der textilen Flächenbildung lassen sich mit den verschiedenen Matrixsystemen (siehe auch HHT-Merkblatt „Matrixsysteme“) Faserkunststoffverbunde (siehe HHT-Merkblatt „Faserkunststoffverbunde“) mit anforderungsgerechten Eigenschaften herstellen. Durch Anpassung der kett- und schussfadenmodifizierten Gewebestrukturen können auch Verstärkungen von Durchbrüchen oder Dübellöchern vorgenommen werden.

Die im HHT-Projekt untersuchten Verfahren Wickeln, Flechten und Stricken eignen sich für Verstärkungen von Bauteilen gleichermaßen gut. Für Verstärkungen von Anschlussbereichen sind vor allem Gestricke, aber auch Gelege oder Vliese geeignet.

**Literatur**

<p>[1] Offermann, P., Tausch-Marton H.: Grundlagen der Maschenwarentechnologie, VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1978</p> <p>[2] Wulforst, B.: Textile Fertigungsverfahren; Hanser Verlag, Wien, 1998</p> <p>[3] Offermann, P., Ünal, A., Engler, T.: Modellierung und fertigungsgerechte Entwicklung von Verstärkungsgestricken für Holz-Textil-Kunststoffverbunde aus: Curbach, M., Hegger, J.(Editor): 2. Colloquium on Textile Reinforced Structures (CTRS2), S. 225-234, Dresden, 2003</p> <p>[4] Haller, P., Birk, T.: Der Einsatz von multiaxialen Nähgewirken und Biaxialgestricken zur Verstärkung von Holzkonstruktionen, aus: Curbach, M.; Hegger, J. (Editor): 2. Colloquium on Textile Reinforced Structures (CTRS2), S. 235-246, Dresden, 2003</p> <p>[5] Cebulla, H., Offermann, P., Diestel, O.: Fully fashioned biaxial weft knitted fabrics, aus: AUTEX Journal, Volume 2, No. 1, March 2002</p>	<p>[6] Offermann P., Cebulla, H., Diestel, O.: Modelling and production of fully fashioned biaxial weft knitted fabrics, aus: Proceedings of the first autexconference, S. 263, Povoia de Varzim, 2001</p> <p>[7] Offermann P., Abdkader, A., Engler, T, Schierz, M.: Grundlagen textiler Bewehrungen zur Verstärkung bestehender Bauwerke – Report des SFB 528,S 25-73, Technische Universität Dresden, Institut für Textil- und Bekleidungstechnik; Eigenverlag, 2002</p> <p>[8] Cebulla, H.: Formgerechte zwei- und dreidimensionale Mehrlagengestricke mit biaxialer Verstärkung – Entwicklung von Maschine, Technologie und Produkten, Dissertation, Technische Universität Dresden, TUDpress, 2005</p> <p>[9] Haller, P., Birk, T., Offermann, P., Cebulla, H.: Fully fashioned biaxial weft knitted and stitch bonded textile reinforcement for wood connections, aus Composites Part B, Engineering, Volume 37, Issue 4-5, S. 278-285, June-Jule 2006</p>
--	---

Kontakt	Ansprechpartner	Telefon	E-Mail
Institut für angewandte Forschung im Bauwesen (laFB) e.V., Sophienstr. 33A, D-10178 Berlin	Hr. Hamann, Hr. Birk	++49 (0)30 28 39 28 -0	mail@iafb.de