

Zeitschrift: Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung von Textilfachleuten

Band: 103 (1996)

Heft: 3

Artikel: Anwendung von Naturfasern in technischen Bereichen

Autor: Kohler, R. / Wedler, M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-677629>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 31.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Anwendung von Naturfasern in technischen Bereichen

R. Kohler, M. Wedler

Das Interesse der Industrie am Einsatz von Naturfasern ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Besonders die Bemühungen der Bundesregierung und der Länder, den Flachs anbau in Deutschland wieder ansässig zu machen, führten in einer Vielzahl von Projekten zum Einsatz von Flachs im textilen sowie technischen Bereich. Seitdem das Verbot für den Anbau von Faserhanf aufgehoben wurde, steht eine weitere heimische Faser mit speziellen Eigenschaften zur Verfügung. Ebenso gibt es Bestrebungen zum Einsatz von Miscanthus (Chinaschilf), Kenaf- und Nesselfasern.

Neben den in Deutschland wachsenden Faserpflanzen, ist noch eine Anzahl weiterer, interessanter Naturfasern auf dem Markt, die zum Teil in diese Untersuchung einbezogen werden. Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz dieser vielfältigen Faserstoffe sind zuverlässige Eigenschaftsvergleiche, insbesondere ihrer mechanischen Kennwerte.

1. Fasergewinnung

Die Gewinnung und Aufbereitung von Bastfasern, speziell Flachs, ist in zahlreichen Publikationen (6–9, 12–14, 16–18) beschrieben.

Die wichtigsten eigenschaftsbestimmenden Kriterien sind:

- Wachstum: Sorte, Lage, Klima, Bodenverhältnisse
- Reifegrad: Im Lauf der Reife verdickt sich die Zellwand, der Hohlraum im Inneren der Faser (Lumen) schliesst sich. Bei Überreife kommt es zu einer Verholzung.
- Röste: Lockerung des Faserverbundes, Verfahrenstechnik der Fasergewinnung und Aufbereitung:

Trocken: Mechanisch durch Hecheln, Kämmen, bzw. Öffnen, Kardieren

Nass: Dampfaufschluss (einsatzreif entwickelt), zukünftig evtl. auch Ultraschall

Das zentrale Problem ist die Extraktion der Einzelfasern aus dem Bastfaserbündel. Dies geschieht traditionell auf mechanischem Wege. Voraussetzung für eine hohe Faserausbeute und geringe Faserschädigung ist eine optimale Röste. Diese erfolgt, als sog. Tauröste, nach der Ernte (Raufe) auf dem Feld. Dabei wird die Kittsubstanz zwischen den einzelnen Fasern durch mikrobiologische und enzymatische Prozesse angegriffen und abgebaut.

Die mehrere Wochen dauernde, sehr klimaabhängige und kaum steuerbare Tauröste kann inzwischen weitgehend ersetzt, bzw. zumindest stark abgekürzt werden. Ein geeignetes, physikalisch-chemisches Aufschlussverfahren ist der in Reutlingen entwickelten Dampfaufschluss. Bei diesem Prozess können die auf der Faser vorhandenen Begleitstoffe weitgehend entfernt werden. Vor allem aber kann das Verfahren gut auf das vorhandene Ausgangsmaterial adaptiert werden und bietet über eine Reihe von Parametern die Möglichkeit, die Fasern gezielt zu beeinflussen. Zusammen mit geeigneten Vor- und Nachbehandlungen können somit vergleichsmässige und auf definierte Anwendungen hin optimierte Fasern erzeugt werden.

2. Fasereigenschaften:

Flachs als Naturfaser weist spezielle Eigenschaften auf (siehe Tabelle).

+	±	–
<ul style="list-style-type: none"> • Nachwachsender Rohstoff • Hohe Festigkeit und E-Modul • Geringe Dichte • Nicht abrasiv • Bruchunempfindlich • Keine Hautirritationen • Rückstandsarm verbrennbar (CO₂-neutral) 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnelle Wasseraufnahme und -abgabe • Gute Wärmeleitfähigkeit • Biologisch abbaubar 	<ul style="list-style-type: none"> • Begrenzte Temperaturbeständigkeit • Naturbedingte Qualitätsunterschiede

Neben den wichtigen textiltechnologischen Kenngrössen wie Faserfeinheit, Faserlängenverteilung, Kräuselung, Glanz, Knitterverhalten, Verspinnbarkeit usw. stehen für den Einsatz von Fasern im techni-

schen Bereich vor allem Dichte, Festigkeit, E-Modul sowie die Temperatur- und Medienbeständigkeit und das Verhalten bei Feuchteinfluss im Vordergrund.

Gerade die Bestimmung der Zugfestigkeit sowie insbesondere des Zug-E-Moduls und der Dehnung ist bei den komplex aufgebauten Naturfasern mit zahlreichen Schwierigkeiten behaftet, was sich auch in der extrem breiten Streuung der veröffentlichten Messwerte widerspiegelt (2-5, 10).

Die Standardverfahren zur Messung von Chemiefasern können nicht einfach auf Naturfasern übertragen werden. Die Angabe von Einzelwerten ohne den Hinweis auf die Messbedingungen ist ungenügend und grossenteils sogar irreführend.

Folgende Eigenarten von Naturfasern sind zu berücksichtigen:

Der Faserquerschnitt ist nicht einheitlich. Das gilt besonders für die Bastfasern, zu denen auch Flachs und Hanf gehören. Zu den wachstumsbedingten Unterschieden der Faserzellen kommt hinzu, dass stets mehrere (bis zu 50) Einzelfasern durch Pektine und Lignin zu größeren Faserbündeln verklebt sind, so dass man es immer mit einer breiten Verteilung zu tun hat. Es gibt keine homogenen Endlosfilamente wie bei Synthefasern. Die Naturfasern bilden in kleinsten Bereichen eine fibrilläre Verbundstruktur. Sie sind insbesondere in Längsrichtung nicht homogen, sondern weisen Fehlstellen, Wachstumsverschiebungen, sog. Kinken, Dick- und Dünnstellen auf. Bei der Festigkeitsbestimmung mittels Zugprüfung ist daher die Einspannlänge von wesentlicher Bedeutung.

Es kann mit vertretbarem Aufwand keine Querschnittsmessung an den Fasern vorgenommen werden. Das gilt speziell für Fasern mit Hohlstrukturen wie Kokos, Sisal oder auch wenig ge-

reifter Flachs. Daher wird die Reißfestigkeit von Naturfasern in der Regel dichtebezogen in cN/tex (1tex=g/1000m) angegeben. Praktisch werden Fasern mit definierter Länge eingespannt, nach der Messung gewogen und so die Feinheit in tex bestimmt. Über die Faserdichte kann nach untenstehender Formel einfach auf einen mittleren querschnittsbezogenen Wert in MPa bzw. N/mm² umgerechnet werden (13):

$$\frac{cN}{tex} \cdot 10 \cdot \text{Dichte} = \frac{N}{mm^2}$$

Messungen an Einzelfasern geben sicherlich die genaueste Charakterisierung der Materialeigenschaften. Sie sind aber sehr aufwendig. Für repräsentative Aussagen über ein relativ inhomogenes Material wie die Naturfasern, wäre eine Statistik über extrem viele Messungen erforderlich.

Bündelzugversuche erfordern vergleichsweise geringen Aufwand, aber es entsteht eine andere Schwierigkeit. Da die einzelnen Fasern des gemessenen Bündels unterschiedliche Dehnungen besitzen, reißen während der Messung die Fasern zeitlich nacheinander (15). Durch diesen Aufspieß-Effekt konzentriert sich die Kraft auf einen immer geringeren, letztlich unbekannten Querschnitt. Bezieht man sich wie

üblich auf den Anfangsquerschnitt, so erhält man viel zu geringe Festigkeitswerte, da ein Teil der Fasern nicht in die Messung mit eingeht. Die tatsächliche Materialfestigkeit lässt sich aus der maximalen Einzelfaserfestigkeit abschätzen, sie liegt mit Werten bis zu 180 cN/tex (entspricht ca. 2700 N/mm²) wesentlich höher als die üblicherweise angegebenen Zahlenwerte. Untersuchungen bei Baumwolle haben ergeben, dass bei Erreichen der Höchstkraft im Zugversuch erst 20%–40% der Fasern gerissen sind, der Messwert für das Bündel liegt nur bei ca. 60% verglichen mit den aufsummierten Messwerte der Einzelfasern (15). Andere Untersuchungen an Baumwolle, bei denen die Messungen an Einzelfasern und Faserbündeln miteinander verglichen werden, finden für die Faserbündel 45 bis 55% der Festigkeit, die man an Einzelfasern misst (1). Das heißt, mit zunehmender Zahl der am Zugversuch beteiligten Fasern sinkt rein rechnerisch die gemessene Festigkeit.

Einfluss der Messbedingungen auf die Reißfestigkeit

In Bild 1 ist die Reißfestigkeit in Abhängigkeit von der Einspannlänge für verschiedene Naturfasern sowie zum Vergleich für Glasfasern aufgetragen.

Die Festigkeit der meisten Fasern nimmt mit zunehmender Einspannlänge rasch ab. Die Stärke des Festigkeitsabfalles ist ein Mass für den Zusammenhalt im submikroskopischen Fibrillenverbund sowie für die größeren Faserfehlstellen, die natürlichen Ursprungs (Wachstumsverschiebungen) sein können oder durch mechanische Aufbereitung eingebracht wurden.

Aus dieser Darstellung wird klar, dass «Festigkeitswerte», die bei den üblicherweise verwendeten Einspannlängen von mehreren Zentimetern

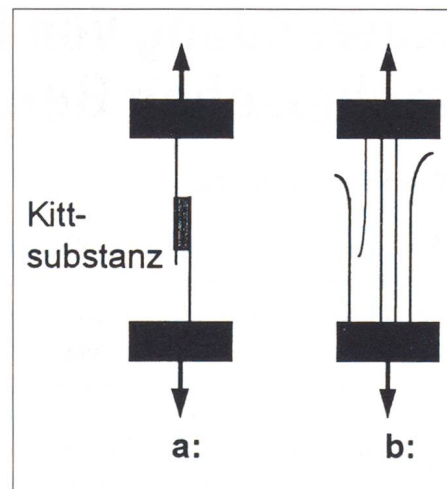


Bild 2 : Probleme bei der Zugmessung von Faserbündeln

gemessen werden, von diesen zusätzlichen Effekten, vor allem von der Fehlstellendichte überlagert sind, so dass keine echte Vergleichbarkeit besteht. Insbesondere ermöglichen solche Werte keinerlei Aussage über die in Verbundwerkstoffen erzielbare Verstärkungswirkung, da die dort wirksamen Einspannlängen, abhängig von der Haftung zur Matrix, extrem kurz sein können. Aus diesen Gründen sind auch Zahlenwerte für die Faserfestigkeit, ohne Angabe der Messbedingungen, bestenfalls grobe Richtwerte und für anwendungsbezogene Vergleiche unbrauchbar.

Bei Einspannlängen über 20 mm ist bei Bastfaserbündeln nicht mehr gewährleistet, dass alle Fasern an beiden Enden eingespannt sind. Man misst sowohl Fasern, die nur durch die Kittsubstanz (Lignin, Pektin) verklebt sind (Bild 2a), oder es befinden sich freie Faserenden zwischen den Klemmen (Bild 2b).

Nicht zuletzt beeinflusst ein weiterer, allerdings bei normalen Messbedingungen untergeordneter Faktor die gemessene Reißfestigkeit, und zwar findet man bei Erhöhung der Zuggeschwindigkeit zunehmende Festigkeitswerte.

Neben der Reißfestigkeit sind die Reißdehnung und der Zug-E-Modul von Bedeutung, die nur über eine Korrektur ermittelt werden können, wobei die aus dem Zugversuch erhaltenen Werte um den Betrag berichtigt werden, der auf Bewegungen in den Klemmen basiert.

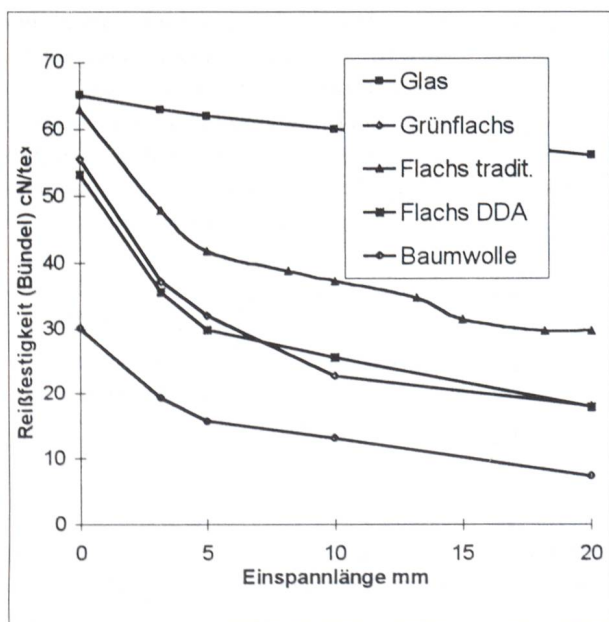


Bild 1: Reißfestigkeit in Abhängigkeit der Einspannlänge: Vergleich Glas-Naturfaser

	Spezifische Werte		Absolute Werte		Dehnung
	Reissfestigkeit	Modul	Reissfestigkeit	Modul	
Faser	cN/tex	N/tex	N/mm ²	kN/mm ²	%
Hechelflachs	62	62	930	93	1,2
Grünflachs	53	25	795	38	1,7
Flachs DDA	53	25	795	38	1,2
Öllein	41	40	615	60	0,7
Hanf	74	60	110	90	1,3
Ramie	39	22	585	33	2,4
Kenaf	62	35	930	53	1,6
Nessel	41	25	615	38	1,7
Sisal	57	25	855	38	2,7
Jute	36	30	540	45	1,6
Kokos	17	4	255	5	24,3
Baumwolle	30	7	450	11	3,9
Wolle	16	4	210	5	25,0
Glas	65	62	1625	155	1,3

Tabelle 2: Mechanische Kennwerte von Fasern (auf 0 mm Einspannlänge extrapoliert), Zuggeschwindigkeit 30 mm/min

In Tabelle 2 sind die nach dieser Korrektur erhaltenen Werte aufgelistet, wobei die Reissfestigkeit und der E-Modul zur besseren Vergleichbarkeit auf eine Einspannlänge von 0 mm extrapoliert wurden. Es sind sowohl die spezifischen, dichtebezogenen Werte (in cN/tex) sowie die querschnittsbezogenen Werte (in N/mm²) angegeben, wobei für die Dichte der Cellulosefasern der Einfachheit halber generell 1,5 g/cm³ eingesetzt wurde. Die wahre Faserdichte im Formteil hängt, anders als bei Synthefasern, von der dort vorliegenden Faserstruktur (Faserbündel, Hohlfasern) und damit evtl. auch von den Herstellbedingungen ab (Pressen, Spritzguss).

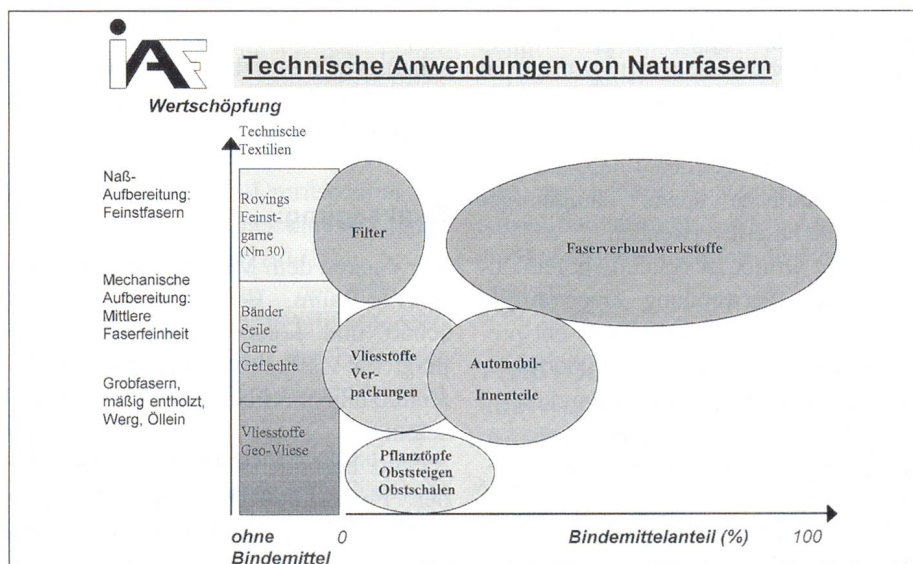


Bild 4: Einsatzgebiete von Naturfasern

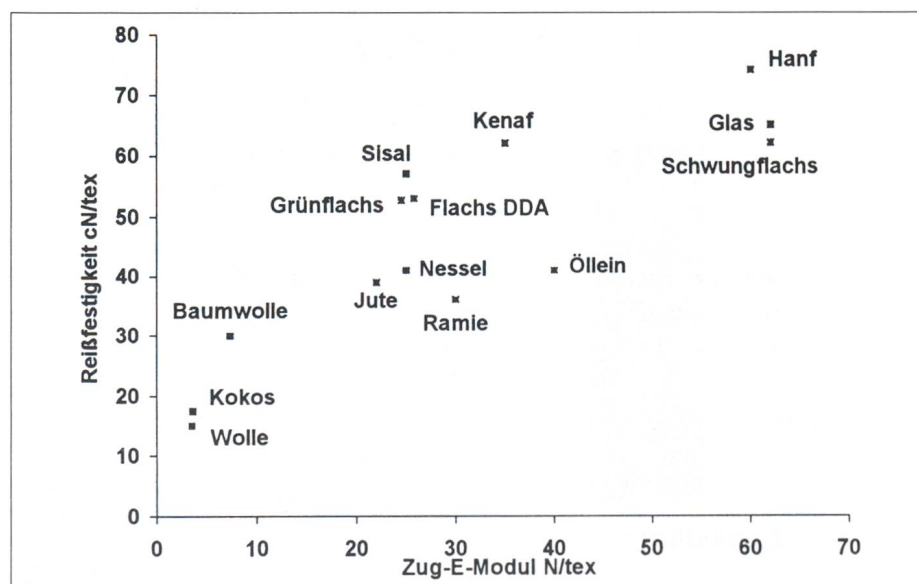


Bild 3: Reissfestigkeit gegen Zug-E-Modul (auf 0 mm Einspannlänge extrapoliert)

In Bild 3 ist die Reissfestigkeit gegen den Zug-E-Modul aufgetragen. Man erkennt, dass Glas, Flachs und Hanf vergleichbare Werte besitzen.

3. Anwendungen

In Bild 4 sind denkbare Einsatzgebiete dargestellt. Um die Vorgabe der fördernden Institutionen zu erfüllen, eine Faserproduktion in Deutschland aufzubauen, müssen Produkte mit höherer Wertschöpfung zum Einsatz kommen. Für die Einsatzgebiete «Verrottbare Pflanztöpfe oder Obstschalen» und «Automobil-Innenverkleidung» sind billige Fasern aus

Niedriglohnländern oder Ölleinfasern qualitativ ausreichend.

Obwohl diese niedrigpreisigen Anwendungen dem deutschen Landwirt zunächst wenig nützen, erfüllen sie doch eine Schrittmacherfunktion, die dazu dienen kann, die Akzeptanz von Naturfasern im technischen Bereich zu erhöhen.

Das hohe Festigkeits-Potential der Naturfasern kann genutzt werden beim Einsatz als Verstärkungsfasern für Verbundwerkstoffe mit polymerer Matrix. Die rein mechanischen Faserkennwerte sind allerdings nur ein Aspekt, letztendlich ist das Eigenschaftsprofil der aus diesen Fasern gefertigten Verbundwerkstoffe ausschlaggebend.

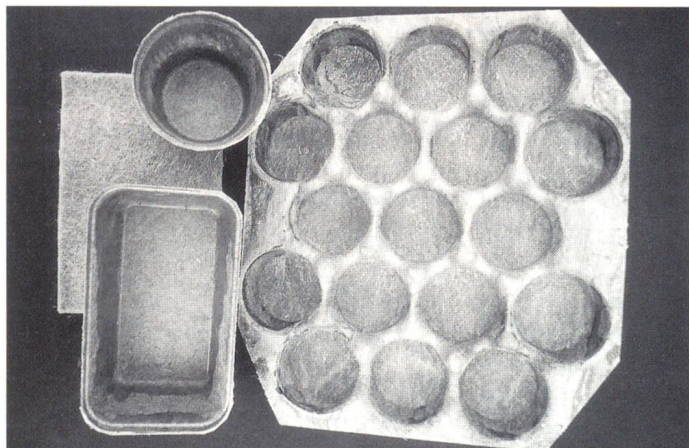


Bild 5: Verrottbare Formteile aus Flachs

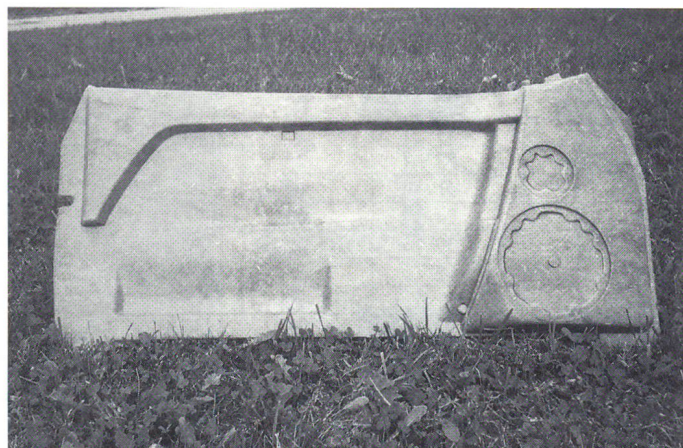


Bild 6: Türinnenverkleidung

Bild 7 zeigt die Zugfestigkeit von mit Flachsfaservliesen verstärkten Kunststoffen, einerseits dem thermoplastischen Polypropylen, andererseits dem duromeren Epoxidharz. Die Faser/Matrix-Haftung zu PP ist gering, zum Epoxidharz hingegen sehr gut. Es wurden Vliese aus grobem Grünflachs sowie dampfaufgeschlossene Fasern verwendet.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass allein durch Verwendung einer aufgeschlossenen, feinen Faser mit entsprechend grösserer und reiner Oberfläche eine starke Erhöhung der Festigkeit zu erzielen ist, obwohl die gemessene Faserfestigkeit nicht höher, manchmal sogar geringer ist.

Sowohl die Verarbeitungsverfahren (Spritzguss, Extrusion, Pressen, BMC, SMC, GMT) wie die Anwendungsbereiche (KFZ, Haushalts- und Sportartikel) sind vielfältig. Grundsätzlich können die

Naturfasern für viele Produkte, bei denen heute Glasfasern eingesetzt werden, eine Alternative bilden. Das Eigenschaftsprofil der flachsverstärkten Verbunde liegt im Bereich der mit Glasfasern üblicherweise erzielbaren Werte.

Danksagung:

Wir danken dem Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Baden-Württemberg, für vielfache Förderung und Unterstützung im Rahmen der Flachsfor-schung.

Ganz besonderen Dank schulden wir der Firma FORD-Werke AG Köln (MF&CP Eng., AVT Group), die die aktuelle Ausweitung und Vertiefung der Arbeiten durch einen grosszügigen und nicht gebundenen Beitrag in Form eines «unrestricted grant» ermöglicht hat.

Literatur:

- Warrier, Munshi: Relationship between strength-elongation Characteristics of single fibres and fibre bundles of cotton, Indian Journal of textile research, Vol 7, 1982, 42-44
- Encyclopedia of polymer science and engineering, Vol. 7, 1985
- Fasertabelle Reutlingen, Denkendorf 1986
- Ullmann's Encyclopedia of industrial chemistry, Vol A10, 1987
- Sotton: Le lin et ses applications textiles, Techtextil 1989, Frankfurt
- Kohler, R.W. Kessler, M. Wedler: Nutzung der speziellen Eigenschaften von Flachs für nichttextile Anwendungen, Statusseminar Bonn, 02./03. 05. 1991
- Barthold, R.W. Kessler, R. Kohler und M. Wedler: Einsatz von Flachsfaser-Vliesstoffen für technische Produkte, Tagungsband des Hofer Vliesstoffseminars vom 10./11.11.93, Hof
- Wedler, R. Kohler: Non-textile applications of flax fibers, Tagungsband 2. Symposium Industrial crops and products vom 22. bis 24.11.93, Pisa
- Wedler, R. Kohler: Non-textile use of flax, FAO-Tagung 15. bis 17.6.93, Bonn
- Th. Fölster, W. Michaeli: Flachs – eine nachwachsende Verstärkungsfasern für Kunststoffe?, Kunststoffe 83 (1993) 9
- Lee: Handbook of Composite Reinforcements, VCH Publishers, 1993, S. 84-85
- Kohler: Wege zu hochwertigen Flachsfasern für technische Anwendungen, Reutlinger Flachssymposium, 7.-8.3.1994
- Kohler, M. Wedler: Nichttextile Anwendungen von Flachs, Techtextil Symposium 1994, Vortrags-Nr. 331
- Tubach, Kessler: Marktsituation und Einsatzbereiche von Flachs, Textilveredlung 29 (1994), Nr. 1/2
- Harig, Bäumer, Gerardi: Wie zuverlässig lässt sich die Bündelfestigkeit von Baumwolle bestimmen? Melliand Textilberichte 12/94 S. 966-970
- Kohler: Nutzen wir das Potential der Naturfasern?! Vortrag beim Fachgespräch «Naturverstärkte Kunststoffe», Gülzow, 22.-23.2.1995
- Kohler, M. Wedler: Technische Verwertung von Pflanzenfasern, Landinfo, Informationen für die Landwirtschaftsverwaltung in Baden-Württemberg, Heft 3, 1995, S. 33-38
- Tubach: Neue Aufschlussverfahren – Ein Schlüssel für innovative Anwendungen aus Flachs, Vortrag am 2.8.95 anlässlich der 1. Hunsrücker Leintage, Emmelshausen, 2.-3.8.1995 AVT Group), die die aktuelle Ausweitung und Vertiefung der Arbeiten durch einen grosszügigen und nicht gebundenen Beitrag in Form eines «unrestricted grant» ermöglicht hat.

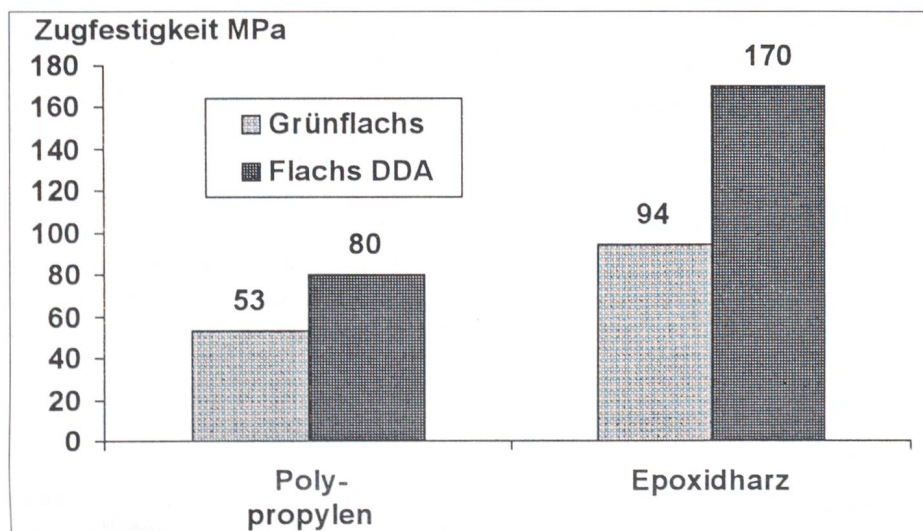


Bild 7: Zugfestigkeit von Flachsfaservliesen