nachwachsende-rohstoffe.de

Naturfaserverstärkte Kunststoffe

Pflanzen
Rohstoffe
Produkte

Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
info@fnr.de • www.fnr.de
www.biowerkstoffe.info

Mit finanzieller Förderung des Bundesministeriums
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.

Impressum

Herausgeber:
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
info@fnr.de • www.fnr.de

Mit finanzieller Förderung des Bundesministeriums
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Autoren:
Dipl-Phys. Michael Karus (nova-Institut GmbH)
Unter Mitwirkung von:
• Dipl.-Ökonom Sven Ortmann (nova-Institut GmbH),
• Dipl.-Geogr. Dominik Vogt (nova-Institut GmbH) und
• Dr. Jörg Müssig (Faserinstitut Bremen e. V.)

Endredaktion: Barbara Wenig (FNR)

Bilder:
BAFA GmbH, DaimlerChrysler AG, J. Dittrich GmbH, DLR e.V., Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Hennecke GmbH, Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) Aachen, IfUL, Jakob Winter GmbH, MöllerTech GmbH, NAFGO GmbH, nova-Institut GmbH, R+S Technik GmbH, Schweiger, Stiegler, Tecnaro GmbH, Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., Werzalit AG

Gestaltung und Realisierung:
WPR COMMUNICATION GmbH & Co. KG

2005

Inhaltsverzeichnis

1. Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen 4
2. Naturfaserverstärkte Kunststoffe – was ist das eigentlich? 5
3. Naturfaserverstärkte Kunststoffe – im Überblick 7
4. Die Rohstoffe: Naturfasern, Kunststoffe und Haftvermittler 12
5. Vom Hanfstroh zum Naturfaserverstärkten Kunststoff 18
6. Form- und Fließpressen mit Naturfasern – ein neuer Werkstoff auf Erfolgskurs 20
7. Naturfaserspritzgießen – ein schlafender Riese? 25
8. Exkurs: WPC – Holzfaserkunststoffe. Die Erfolgsgeschichte in der Bauindustrie Nordamerikas 29
9. Die große Bedeutung geeigneter Rahmenbedingungen 30
10. Ausblick: Potenziale für naturfaserverstärkte Kunststoffe 32
11. Adressen, Ansprechpartner, Internet-Links 37
12. Glossar 38
13. Literatur 39

1. Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

Natürliche Materialien waren über Jahrtausende die primären Werkstoffe der Menschen. Holz diente zum Haus- und Schiffbau, Flachs- und Hanffasern wurden zu Tauen und technischen Textilien wie Segeln und Getreidesäcken verarbeitet. In der Neuzeit und während der industriellen Revolution kamen neue Anwendungsgebiete hinzu. Chemiker entwickelten Bindemittel, mit deren Hilfe Naturfasern zu stabilen Bauteilen verarbeitet und für die junge Automobilindustrie zugänglich gemacht werden konnten. Henry Ford präsentierte 1941 ein Fahrzeug, dessen Karosserie weitgehend aus harzgebundenen Hanffasern bestand.

Abb. 1/2: Längsschnitt durch einen Trabant (Museum Zwickau)

Mit Phenolharz gebundene Holz- und Baumwollfasern waren bis in die 80er Jahre hinein wichtige Konstruktionsmaterialien für Kraftfahrzeuge. In Westdeutschland vor allem für den Innenausbau eingesetzt, dienten sie im ostdeutschen Trabant sogar für die rostfreie und besonders leichte Außenhaut.

Seit Jahrzehnten werden auch nahezu sämtliche LKW-Fahrerkabinen aus Baumwollfasern und Phenolharzen produziert. Heute haben sich die alten Naturwerkstoffe längst zu High-Tech-Verbünden für die Mittel- und Oberklassefahrzeuge der deutschen Automobilindustrie weiterentwickelt. Aufgrund ihrer guten Gebrauchseigenschaften werden sie die momentan noch dominierenden mineralölbasierten Werkstoffe nach und nach ablösen und dabei nicht minder vielseitig und hochwertig sein.

2. Naturfaserverstärkte Kunststoffe – was ist das eigentlich?

In Deutschland werden jährlich knapp 17 Millionen Tonnen Kunststoffe erzeugt. Wesentliche Anteile an der Produktion haben dabei die Polymere des Ethylens (z. B. PE) mit 2,8 Mio. t, Polyvinylchlorid (PVC) mit 1,9 Mio. t und Polypropylen (PP) mit 1,7 Mio. t. Hauptanwendungsbereiche sind die Verpackungs-, Bau- und Automobilindustrie.

Nur in wenigen Fällen werden Kunststoffe pur, also unverändert, eingesetzt. In der Regel gibt man Additive und Füllstoffe hinzu, um die Kunststoffe steifer, UV-beständiger oder auch farbig zu machen. Hierfür eignen sich neben synthetischen Chemikalien auch Mineralien wie Talkum oder nachwachsende Rohstoffe wie Holzfasern und Holzmehl.

Werden besonders feste und zähe Konstruktionswerkstoffe benötigt, greift man auf teure Spezialkunststoffe zurück oder verstärkt Standardkunststoffe wie Polypropylen durch Glasfasern. Jedes Jahr werden in Europa knapp eine Million Tonnen glasfaserverstärkte Kunststoffe verbraucht und ersetzen häufig Stahlkonstruktionen. Typische Anwendungen sind Automobilteile, Rotorblätter von Windkraftanlagen und sogar selbsttragende Brücken.

Zu den Werkstoffklassen aus nachwachsenden Rohstoffen zählen neben den naturfaserverstärkten Materialien auch Biokunststoffe aus Stärke oder Zucker für Verpackungen, Folien oder Cateringprodukte und so genannte Holzfaserkunststoffe. Biokunststoffe sind längst Stand der Technik und punkten vor allem mit ihrer umweltfreundlichen Entsorgung. Holzfaserkunststoffe, auch „Wood-Plastic-Composites“ genannt, sind noch in der Entwicklung. Typisches Beispiel ist die Mischung von Polypropylen (PP) mit Holzmehl, die als Granulat vorliegt und im Spritzgießverfahren zu den unteschiedlichsten dreidimensionalen Körpern verarbeitet werden kann.

Abb. 3: PLA-Klappboxen – ideale Verpackungen für Obst und Gemüse

Abb. 4: Naturfaserverstärkte Kunststoffe machen Autos leichter und umweltfreundlicher (Spielzeugautos aus Naturfaser-Polypropylen-Spritzguss)

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)

Unter NFK werden Werkstoffe verstanden, die aus einem Kunststoff bestehen, der seine Stabilität durch eingearbeitete Naturfasern erhält. Bauteile aus NFK weisen hohe Steifigkeiten und Festigkeiten sowie eine geringe Dichte auf. Einfach gesagt: Sie sind mechanisch stark belastbar und gleichzeitig leicht, also ideal für den modernen Automobilbau.

Diese neuen Naturfaserwerkstoffe wurden in den 80er Jahren vor allem in Deutschland entwickelt. In den 90er Jahren begann ihre Erfolgsgeschichte in der Automobilindustrie und nun beginnen sie, auch in anderen Branchen Fuß zu fassen.

3. Naturfaserverstärkte Kunststoffe – im Überblick

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) sind nicht nur mechanisch stark belastbar und leicht, sondern bereits heute auch ökonomisch konkurrenzfähig. So setzte die deutsche Automobilindustrie allein im Jahr 2003 etwa 45.000 Tonnen NFK ein.

Die Grafik zeigt die Erfolgsgeschichte dieser Werkstoffe seit 1996. Die naturfaserverstärkten Kunststoffe, oft auch aufgrund ihrer zwei Komponenten Naturfaserverbundwerkstoffe genannt, kommen bislang vor allem im PKW-Innenraum zum Einsatz. Typische Anwendungen

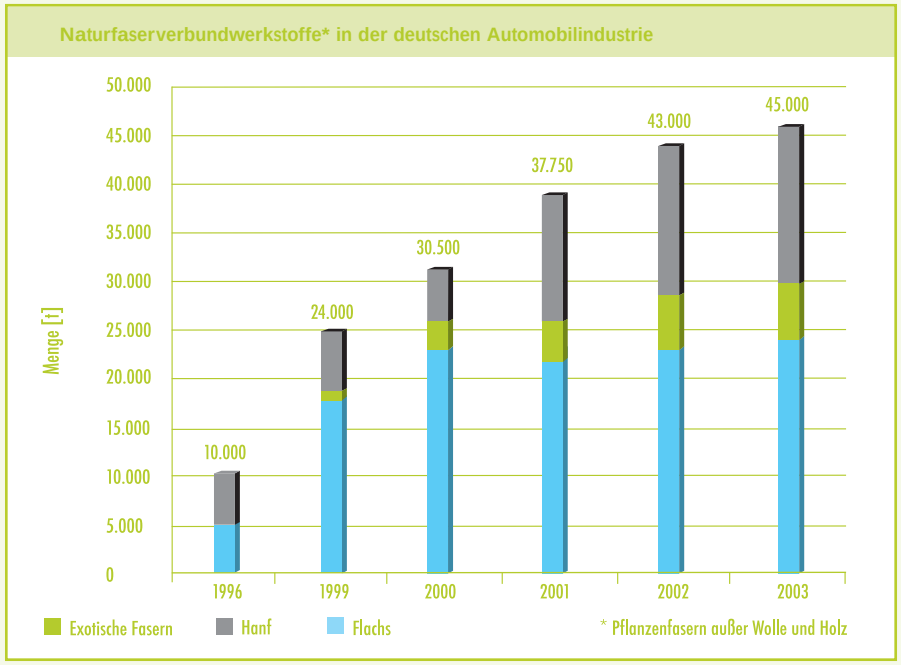

Abb. 5: NFK-Einsatz in der deutschen Automobilindustrie von 1996 bis 2003 (Quelle: nova-Institut 2004)

reichen von Türinnenverkleidungen, Hutablagen, Kofferraumauskleidungen, Reserveradmulden und Säulenverkleidungen bis hin zum Armaturenbrett. Auch für den Außenbereich werden erste Bauteile (z.B. als Unterbodenschutz) in Serie produziert.

Wichtigste Anwendungen für Naturfaserverbundwerkstoffe sind die Türinnenverkleidungen. In den meisten deutschen Mittel- und Oberklassefahrzeugen mit aufwändigen Türkonstruktionen finden wir heute Naturfasern wie Flachs, Hanf, Jute, Kenaf, Sisal oder auch Abaca. Von zusätzlichem Vorteil ist hier, dass die Naturfaserverbundwerkstoffe im Falle eines Unfalls nicht zum Splittern neigen und gute akustische Eigenschaften (Schalldämmung) besitzen.

In Kleinwagen mit simplen Türaufbauten ist der Einsatz von NFK zu teuer. Da man im Automobil die Oberfläche der NFK-Bauteile mit ihren meist sichtbaren Naturfasern in der Regel nicht zeigen möchte, werden sie mit Leder, Textilien oder hochwertigen Kunststoffen kaschiert. Das rentiert sich nur in der Mittel- und Oberklasse.

Abb. 6: Pkw mit Formpressteilen

Alle bisher beschriebenen Teile stellt man nach dem so genannten Formpressverfahren her. Natur- und Polypropylenfasern werden – in einem typischen Verfahren – zunächst zu einem Nadelfilz verarbeitet, der dann erhitzt und in eine Form gepresst wird. Wenngleich Naturfaserformpressteile bislang fast ausschließlich im Automobilbau zum Einsatz kommen, interessieren sich mittlerweile auch andere Branchen dafür. So lassen sich inzwischen auch Bürostühle, Aktenkoffer und Brillenetuis aus Naturfaserformpressteilen herstellen.

Mit dem PP-NF- (oder ausgeschrieben: Polypropylen-Naturfaser-) Spritzgießen soll ein weiteres Verfahren kurz erwähnt werden. Hierbei wird ein Granulat aus Polypropylen und Naturfasern hergestellt und auf marktüblichen Spritzgießmaschinen verarbeitet.

Mit dieser Technik stellt man die meisten kleineren Kunststoffteile her, die uns im Alltag umgeben. Viele dieser Produkte können nun auch aus PP-NF produziert werden. Experten sprechen wegen des enormen Potenzials von einem „schlafenden Riesen“ – später mehr davon!

Abb. 7: Naturfaserkoffer aus Flachs, Hanf, Kenaf und PP-Matrix

Werkstoffe aus Holzfasern und Reißbaumwolle

Seit vielen Jahrzehnten werden Holzfaserformteile in der Automobilindustrie im Innenraum eingesetzt. Aktuell verbraucht die deutsche Automobilindustrie jährlich knapp 40.000 Tonnen Holzfaserwerkstoffe, deren Holzfaseranteil meist bei 70 Prozent liegt. Als weiterer Biorohstoff spielt Reißbaumwolle eine Rolle. Dieses preiswerte Recyclingprodukt wird aus alten Baumwolltextilien und Produktionsabfällen gewonnen. Mit Phenolharz gebunden entsteht daraus ein universeller und weit verbreiteter Werkstoff, der früher für Personenkraftwagen (z. B. im Trabi) genutzt wurde und heute noch in LKW-Fahrerkabinen zum Einsatz kommt.

Die Tabelle zeigt, welche unterschiedlichen Naturwerkstoffe in der deutschen Automobilindustrie zum Einsatz kommen. Insgesamt sind es 160.000 t im Jahr oder umgerechnet durchschnittlich 16 kg Natur- und Pflanzenfasern in jedem in Deutschland produzierten PKW und LKW. In der Tabelle nicht berücksichtigt sind Naturfasern in der Dämmung des Motorraums oder in Sitzpolsterungen (Kokosfasern).

Naturfaser	Hauptanwendungen	Naturfasereinsatz in Tonnen	Durchschnittl. Naturfaseranteil im Verbundwerkstoff	Naturfaserverbundwerkstoffe in Tonnen	Durchschnittl. Naturfasermenge pro Kraftfahrzeug
Naturfasern (Pflanzenfasern ohne Baumwolle und Holz)	Innenraum Mittel- und Oberklasse-PKW	18.000	ca. 40 %	ca. 45.000	3,3 kg (nur PKW: 3,5 kg)
Holzfasern	Innenraum PKW und LKW	ca. 25.000	ca. 70 %	ca. 36.000	ca. 4,5 kg
Reißbaumwolle (Recycling)	Innenraum PKW und insbesondere Fahrerkabinen LKW	ca. 45.000	ca. 71 bzw. 57 %*	ca. 79.000	ca. 8,2 kg
Gesamt (alle pflanzl. Naturfasern)	PKW und LKW	ca. 88.000	–	ca. 160.000	ca. 16 kg

**Die Reißbaumwollverbundwerkstoffe haben einen Faseranteil von ca. 71 Prozent, der zu 80 Prozent aus Reißbaumwolle, 5-10 Prozent Wolle und 10 – 15 Prozent anderen Fasern besteht. Der Anteil an Reißbaumwolle liegt daher bei ca. 57 Prozent.*

Tab. 1: Naturfaserverbundwerkstoffe in der deutschen Automobilproduktion im Jahr 2003 (Quelle: nova-Institut 2004)

Warum werden Naturfaserverbundwerkstoffe von der Autoindustrie eingesetzt?

Naturfaserverstärkte Kunststoffe und vor allem die bei den neuen Anwendungen dominierenden Formpressteile weisen eine Reihe interessanter Eigenschaften auf, die sie für die Automobilindustrie und zunehmend auch andere Industriezweige interessant machen: Aufgrund ihrer guten mechanischen Eigenschaften und ihrer geringen Dichte sind sie ideal für Leichtbau geeignet und ermöglichen eine Gewichtsersparnis bis zu 30 Prozent. Die Automobilindustrie weiß zudem ihre guten akustischen Eigenschaften ebenso zu schätzen wie ihre Luftdurchlässigkeit, die die spätere Kaschierung erleichtert. NFK sind herkömmlichen Kunststoffen auch ökologisch überlegen, wie verschiedene Sach- und Ökobilanzen belegen.

Abb. 8: Flachs

Bei Unfällen zeigt sich ein weiterer Vorteil: Sie splittern nicht und brechen ohne scharfe Kanten. Und schließlich sind – zumindest bei komplexen, hochwertigen Türkonstruktionen in der Mittel- und Oberklasse – auch die Produktionskosten konkurrenzfähig. Und das, obwohl ein Formpressteil aufwändiger zu produzieren ist als ein reines Kunststoffteil. Betrachtet man aber die Gesamtkonstruktion der Tür, so kann das NFK-Material punkten, weil sich bei der Produktion von Naturfaserformpressteilen mehrere Arbeitsschritte zu einem zusammenfassen lassen. So können schon im Formpressprozess Halteelemente angebracht und Kaschierung aufgelegt werden, Folgearbeiten entfallen daher.

4. Die Rohstoffe: Naturfasern, Kunststoffe und Haftvermittler

4.1 Starke Naturfasern

In modernen naturfaserverstärkten Werkstoffen finden wir heute vor allem Flachs- und Hanffasern sowie Jute-, Kenaf-, Sisal- und Abacafasern.

Bei Flachs, Hanf, Jute und Kenaf, den so genannten Bastfaserpflanzen, wachsen die Fasern aus den Sprossachsen. Bastfasern bilden sich im äußeren Teil des Pflanzenstängels und stabilisieren den schlanken und hohen Stängel, um z. B. ein Abknicken der Pflanzen bei starkem Wind zu verhindern. Der Fasergehalt dieser Pflanzen konnte von ursprünglich 5 bis 10 Prozent durch Züchtung auf heute 25 bis 30 Prozent gesteigert werden.

Bei Sisal und Abaca dagegen stammen die Fasern aus Blattscheiden und verstärken die großen Blätter, bei der Baumwolle schützen die Fasern die Samenkapsel.

In dieser Broschüre geht es mit Flachs und Hanf primär um die beiden Faserpflanzen, die in Europa angebaut, verarbeitet und in neuen Werkstoffen verwendet werden. Eine untergeordnete Rolle spielen die Fasernessel, eine Verwandte der Brennnessel, und Kenaf in Südeuropa .

Flachs

Aus den Fasern von Flachs bzw. Faserlein werden seit Jahrtausenden Kleidungsstücke und andere Gebrauchsgegenstände wie Schnüre, Seile und Netze hergestellt.

Flachs gehört zu den ältesten Kulturpflanzen überhaupt. So wurden Leinsamen bereits in einer etwa 9.000 Jahre alten Grabstätte im heutigen Iran gefunden. Das Britische Museum in London stellt ein altägyptisches Faserleingewebe von 5.000 v. Chr. aus und ägyptische Darstellungen aus dieser Zeit zeigen uns die gesamte Wertschöpfungskette des Faserleins, der u.a. für die Mumienbinden Verwendung fand. Die ältesten Leinfunde in Europa datieren auf etwa 2.700 v. Chr. in der Schweiz; Fäden, Schnüre und Netze waren die typischen Faserleinerzeugnisse.

Bis der Beginn der industriellen Revolution den Siegeszug der Baumwollfaser einläutete, war Leinen die wichtigste Textilfaser Europas. Da die Baumwolle jedoch erheblich einfacher zu verarbeiten war und die Verarbeitung leicht mechanisiert werden konnte, verdrängte sie den Flachs rasch. So sank der Flachsanbau in Deutschland von ca. 215.000 ha im Jahre 1850 auf ca. 35.000 ha zur Jahrhundertwende.

Als in den 1980er Jahren das Interesse an nachwachsenden Rohstoffen und neuen Anwendungsgebieten für alte Kulturpflanzen wuchs, widmete sich die Forschung auch verstärkt technischen Nutzungen des Flachses.

Zusammen mit den neuen EU-Mitgliedsländern kommt der Flachsanbau heute in der EU auf 120.000 ha (2004). Wichtigste Anbauländer sind Frankreich und Belgien. Der mit Abstand größte Teil der Flachsproduktion vollzieht sich in traditioneller Weise mit dem Ziel, hochwertige Flachslangfasern für die Bekleidungstextilindustrie bereitzustellen. Als Nebenprodukt entsteht die Flachskurzfaser (Werg), die für Zellstoffe, Textilien, Verbundwerkstoffe (NFK) und Dämmstoffe genutzt wird.

Anbau und Verarbeitung von Flachs konnten sich in Deutschland trotz intensiver Bemühungen nicht etablieren. Das Know-how war über die Jahrzehnte mehr und mehr verloren gegangen und die Konkurrenz aus Frankreich, Belgien und Osteuropa zu stark. Heute werden in Deutschland weniger als 100 ha (2005) angebaut.

Hanf

Auch Hanffasern werden seit Jahrtausenden für Kleidungsstücke, Schnüre, Seile oder Netze genutzt. Hanf gehört wie Flachs zu den ältesten Kulturpflanzen: Etwa um 2.800 v. Chr. wurden in China die ersten Seile aus Hanffasern erzeugt.

Es folgte die Verwendung als Textilfaser; in einem Grab aus der Chou-Dynastie

Abb. 9: Flachsfeld

Abb. 10: Hanf

(1.122 – 249 v. Chr.) fand sich ein Textilfragment, das wohl älteste erhaltene Hanfprodukt. Auch das erste Papier wurde aus Hanf hergestellt – es blieb in China ein Stück Hanfpapier aus der Zeit von 140 bis 87 v. Chr. erhalten.

Hanfprodukte sind auch aus dem Europa des Mittelalters nicht wegzudenken – Hanf war der Rohstoff für die Herstellung von Seilen, Segeltuch, Bekleidungstextilien und Papier. Nach 1600 erreichte Hanf als Wirtschaftsgut seine größte Bedeutung durch den enormen Bedarf der Schifffahrt an Seilen und Segeltuch – 50 bis 100 Tonnen Hanffasern mussten für ein typisches Segelschiff bereitgestellt und jeweils binnen zwei Jahren erneuert werden.

Ab dem 18. Jahrhundert verlor der deutsche Hanf zunehmend an Bedeutung: Die Konkurrenz durch osteuropäischen Hanf, Naturfasern aus den Kolonien, Baumwolle im Textilbereich und das Aufkommen der Dampfschifffahrt im 19. Jahrhundert ließen die Nachfrage zusammenbrechen.

Anfang der 1990er Jahre erfolgte der Hanfanbau in der EU praktisch ausschließlich in Frankreich – für die Produktion von Spezialzellstoff für Zigarettenpapiere. Als Anbau und Nutzung von Hanf Ende der 90er wiederentdeckt wurden, mussten in vielen EU-Ländern zunächst die Anbauverbote überwunden werden, die im Rahmen der weltweiten Marihuana-Prohibition in vielen Ländern auch für THC-armen Nutzhanf erlassen worden waren. Infolge dieser „Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf“ haben sich die Anbauflächen in der EU ca. verdreifacht – bei gleichzeitig stetig fallenden EU-Beihilfen für den Anbau bzw. die Verarbeitung von Hanf. Im Jahr 2005 lag die Hanfanbaufläche in der EU bei ca. 16.000 ha, der deutsche Anbau bei etwa 2.000 ha. Wichtigste Anwendungen für Hanffasern sind heute Spezialzellstoff, Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe.

Anbau, Ernte und Röste von Hanf

Die Aussaat des Hanfs erfolgt in Deutschland Mitte April bis Mitte Mai. Bis zum Hochsommer haben die Hanfbestände Höhen von zwei bis vier Meter erreicht. Soll die Faser für technische Zwecke genutzt werden, ist der optimale Erntezeitpunkt die Vollblüte der männlichen Blüten meist im Juli.

In den letzten zehn Jahren wurde die Erntetechnik für Hanf neu entwickelt. Moderne Erntemaschinen schneiden das Hanfstroh unten ab, führen den langen Stängel durch die Maschine und kürzen ihn dabei auf ca. 60 cm Stücke ein, um die Weiterverarbeitung zu erleichtern. Die eingekürzten Hanfstängel bleiben zur so genannten Feldröste für zwei bis vier Wochen auf dem Feld liegen und werden in dieser Zeit ein- oder zweimal gewendet.

Bei der Röste lösen sich die Kittsubstanzen (Pektine, Lignine) zwischen den Fasern und dem Reststängel auf biologischem Wege und legen die Fasern frei. Es handelt sich dabei um eine Art Fäulnisprozess, wobei Mikroorganismen, Bakterien, Pilze sowie von ihnen erzeugte Enzyme wirksam sind. Ohne vorherige Röste („Grünhanf“) wird der spätere mechanische Faseraufschluss deutlich erschwert. Nach der Röste wird das Hanfstroh an trockenen Tagen zu Ballen gepresst und bis zum Faseraufschluss trocken gelagert. Die Lagerung kann ohne Qualitätsverluste über mehrere Jahre erfolgen.

Abb. 11: Moderne Erntetechnik für Hanf

Abb. 12: Eingekürztes Hanfstroh während der Feldröste

An guten Standorten können jährlich 6 bis 9 t Hanfstroh pro Hektar geerntet werden. Bei einem technisch nutzbaren Fasergehalt von ca. 25 Prozent lassen sich demnach pro Hektar 1,5 bis 2 t Hanffasern produzieren.

Abb. 13: In puncto Faserfestigkeit steht Hanf der Glasfaser in nichts nach.

Ökologie

Hanf wird ohne Pflanzenschutzmittel angebaut. Der Schädlingsdruck ist meist gering und bedroht die Faserernte nur marginal. Auch der Einsatz von Herbiziden ist nicht erforderlich, weil die Pflanzen so schnell und dicht wachsen, dass Unkräuter keine Chance haben. Hanf wird in der Fruchtfolge gerne gesehen, da er den Boden unkrautfrei und mit verbesserter, lockerer Struktur zurück lässt.

4.2 Kunststoffe als Bindemittel

Um aus Naturfasern oder auch Naturfaserhalbzeugen moderne Werkstoffe herstellen zu können, benötigt man Bindemittel zu ihrer Verfestigung. Traditionell wurden hierzu tierische und pflanzliche Leime, Kleber und Harze verwendet, heute vor allem Kunststoffe. Bei Naturfaserverbundwerkstoffen spricht man auch von einer so genannten „Kunststoffmatrix“, in die die Naturfasern eingebettet sind.

Grundsätzlich unterscheidet man, unabhängig davon, ob es sich um Polymere auf petrochemischer oder nachwachsender Basis handelt, duro- und thermoplastische Kunststoffe.

Thermoplastische Kunststoffe sind Kunststoffe, die sich unter dem Einfluss von Wärme plastisch verformen lassen. In der Regel bestehen Thermoplaste aus Polymeren, aus linearen oder wenig verzweigten Kettenmolekülen. Sie lassen sich unbegrenzt oft einschmelzen und neu formen. Dies erweist sich beim stofflichen Recycling als wichtiger Vorteil. Thermoplaste wurden ursprünglich vor allem im Spritzgießverfahren verarbeitet; heute sind auch Extrusion und thermoplastisches Formpressen gängig. In Verbindung mit Natur- und Holzfasern kommen vor allem die petrochemischen Thermoplasten Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC) und Polystyrol (PS) zum Einsatz. Die hohen Schmelztemperaturen des Polyamids (PA), bei denen Bestandteile der Naturfasern geschädigt würden, schließen seine Verwendung aus. Unter den thermoplastischen Biokunststoffen finden vor allem Lignin und die stärkebasierte Polymilchsäure (PLA) Verwendung.

Duroplastische Kunststoffe dagegen lassen sich, einmal ausgehärtet, nicht mehr verformen. Im Prozess des Aushärtens bilden sich lineare Kettenmoleküle, die sich untereinander dreidimensional vernetzen und dadurch sehr stabil werden. In Verbindung mit Holz- und Naturfasern werden vor allem Acrylat-, Epoxid- und Phenolformaldehydharze, Polyurethan und ungesättigte Polyesterharze verwendet.

Um die Bindung zwischen Kunststoff und Naturfasern zu verbessern, sind in vielen Fällen Haftvermittler notwendig. So gehen z. B. Polypropylen (PP) und Bastfasern aufgrund ihrer Polaritäten nur sehr ungern eine Bindung ein. Ein Haftvermittler, wie z. B. Maleinsäureanhydrid, überwindet das Problem und führt dazu, dass die hervorragenden Eigenschaften der Naturfasern über eine gute Bindung zum Kunststoff auch im späteren Verbundwerkstoff zur Geltung kommen.

5. Vom Hanfstroh zum naturfaser-verstärkten Kunststoff

Baumwollfasern können einfach von der Pflanze gepflückt, entkörnt und von Schmutz und Reststoffen gereinigt werden. Bei Bastfasern wie Flachs und Hanf ist der Vorgang der Fasergewinnung erheblich aufwändiger und dies ist einer der wichtigsten Gründe, warum sich Baumwolle weltweit mit großem Abstand an der Spitze der Naturfasern platzieren konnte.

Abb. 14: Faseraufschlussanlage

Faseraufschluss

Die Verarbeitung der Faserballen erfolgt in eigenen Faseraufschlussanlagen. Dabei wird der Holzkern des Stängels (die späteren „Schäben“) gebrochen, die Fasern trennen sich vom Holz. Je nach Weiterverarbeitung bleiben Faserbündel unterschiedlicher Feinheit und Längenverteilung übrig. Während die Fasern für die textile Verarbeitung möglichst lang, fein und schäbenfrei sein müssen, stellen technische Anwendungen und insbesondere NFK nur geringe Anforderungen, die sich auch in niedrigeren Faserpreisen niederschlagen.

Möglichst feine und kurze Hanffasern können im Spritzgießverfahren (vgl. Kap. 7) verarbeitet werden. Für Vliese und Filze für spätere Formpressteile (vgl. Kap. 6) dagegen werden 6 bis 10 cm lange „technische Fasern“ benötigt. In beiden Fällen ist ein möglichst geringer Schäbengehalt von weniger als ein bis zwei Prozent gewünscht, da die Schäben die weitere Verarbeitung stören können – bis hin zu sichtbaren Oberflächenstörungen im fertigen Produkt.

Gewebe

Hanffasern können versponnen und das Garn zu technischen Geweben verwoben werden, die für hochwertige NFK Verwendung finden. Da dieser Prozessweg sehr kostspielig ist, wird er bislang kaum praktiziert (vgl. Kap. 10.1).

Vliese & Filze: Formpressteile

Preiswerter ist es, die Fasern direkt zu textilen Halbzeugen wie Vliesen oder Filzen, häufig auch als „non-wovens“ bezeichnet, zu verarbeiten. Während die Fasern bei Filzen ineinander verschlungen sind, werden sie für Vliese nur geschichtet und durch ein Bindemittel, insbesondere duroplastische Harze oder Thermoplaste, verfestigt. Vorprodukte für Formpressteile (s. Kap. 6) sind sowohl reine Naturfaservliesstoffe als auch Mischfilze aus Natur- und z. B. Polypropylenfasern. In der Praxis haben sich besonders Mischungen von Naturfasern bewährt. Werden eher feine Fasern wie Flachs oder Jute mit gröberen Fasern wie Hanf oder Sisal gemischt, so ergeben sich die besten mechanischen Werte für die Verbundwerkstoffe. Die feinen Fasern schaffen mehr Bindung zwischen Faser und Kunststoff, die gröberen gewährleisten das Eindringen des Binders in das textile Produkt.

Abb. 15: Verschiedene Naturfaserfilze

Fasern für Spritzgießen

Naturfasern können in verschiedener Art und Weise in die Spritzgießmassen und -granulate (s. Kap. 7) eingebracht werden. Je schlanker die Faser, desto besser die Verstärkungen des NFK.

Qualitätsmanagement

Ohne Qualitätsmanagement über die gesamte Prozesskette können sich einheimische Naturfasern gegen preiswerte Importfasern nicht behaupten. Die Qualität der Naturfasern beginnt nicht erst beim Faseraufschluss; die Auswahl der geeigneten Anbaustandorte und Sorten, des Erntezeitpunkts und der Erntetechnik, die Länge der Röstzeit, Art der Lagerung und vieles mehr bestimmen die Qualität der Naturfasern und damit schließlich auch die Qualität der späteren Verbundmaterialien.

6. Form- und Fließpressen mit Naturfasern – ein neuer Werkstoff auf Erfolgskurs

6.1 Formpressteile für die Automobilindustrie – eine Erfolgsgeschichte

Von den ersten Forschungsprojekten Anfang der 1980er Jahre zu neuen Anwendungen für Naturfasern und neuen Werkstoffen auf natürlicher Basis war es ein langer Weg bis zu den ersten Erfolgen: Erst seit 1995 etablierte sich mit dem Formpressen von Naturfaservliesen und -filzen ein Verfahren mit hohen Zuwachsraten in der automobilen Mittel- und Oberklasse der deutschen PKW-Industrie.

Formpressen – die Grundidee

Von der Vielzahl spezieller Verfahren des Formpressens sollen hier beispielhaft einige typische Prozessketten aufgezeigt werden. Vorprodukt, in der Fachsprache auch Halbzeug genannt, ist ein Naturfaservlies oder -filz. Zusammen mit dem gewünschten Kunststoff wird das textile Halbzeug in eine offene Form geführt, erhitzt und unter Druck gepresst. Das so entstandene „Formpressteil“ wird aus der Form gelöst und die Ränder beschnitten. Man spricht von Formpressen im Gegensatz zum Fließpressen (s.u.), wenn es zu

Abb. 16: Fertigungsprinzip Nafpur-Tec-Verfahren
1) Vortrockner
2) Auftragseinheit mit Hochdruckdosiermaschine mit speziellen Druckknöpfen
3) beheizte Presse

keinem Fließen von Fasern und Kunststoff im Werkzeug kommt. Prozessbedingt können durch Pressvorgänge nur „einfache“ dreidimensionale Teile gefertigt werden. Komplexe, nahezu beliebige dreidimensionale Teile, wie beim Spritzgießen, sind beim Form- und auch beim Fließpressen nicht herstellbar.

Etwa 35 Prozent der für die deutsche Automobilindustrie produzierten Naturfaserformpressteile besitzen eine duroplastische Matrix. Thermoplastische Kunststoffe verleihen 65 Prozent dieser Bauteile ihre Stabilität.

Duroplastisches Formpressen

Bei einem exemplarischen Formpressverfahren mit duroplastischer Matrix (vgl. Abb. 16) werden die zugeschnittenen Naturfaserhalbzeuge in der Beschichtungskabine von zwei Hochdruckmischköpfen innerhalb von 10 bis 25 Sekunden auf Vorder- und Rückseite mit Polyurethan beschichtet und anschließend in einer Metallform aus Aluminium oder Stahl bei einem Schließdruck von 20 bar und einer Werkzeugtemperatur von über 120 °C verpresst. Die Wanddicken liegen zwischen 1,5 und 2,0 mm, der Naturfaseranteil kann zwischen 45 und 65 Prozent gewählt werden.

Thermoplastisches Formpressen

Auch für das Formpressen mit thermoplastischer Matrix stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Im One-step-Verfahren werden so genannte Sandwichvliese, hochwertige Nadelfilze aus Natur- und PP-Fasern, auf 170 bis 180 °C erhitzt und kommen in die Formpresse.

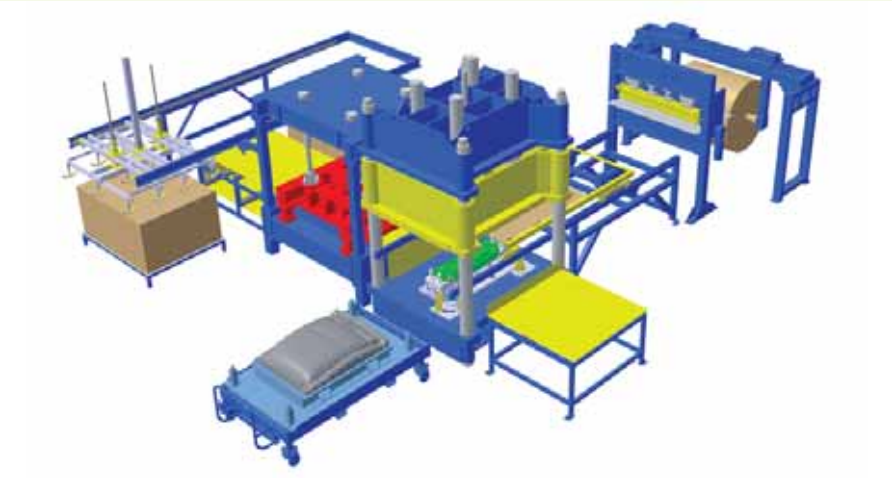

Abb. 17: Thermoplastisches Formpressen: Sandwichvliese (braun) werden auf einer Palette angeliefert, zur rot gekennzeichneten Kontaktheizung transportiert und erwärmt. Zusammen mit dem von der Rolle rechts zugeführten Dekor wird das Vlies dann in der Formpresse auf das grün gekennzeichnete Werkzeug aufgebracht, geformt, gepresst und mit dem Dekor verklebt (Endprodukt grau (Quelle: R+S Technik GmbH)).

Kennwerte / Werkstoff	NF-EP	EcoCor
Naturfaseranteil	65 % (Flachs & Hanf, 50:50)	50 % (Bastfasern)
Kunststoffmatrix	Epoxid (Duroplast)	Polypropylen (Thermoplast)
Dichte (g / cm³)	0,8 – 0,85	0,86 – 0,90
Biegefestigkeit (N / mm²)	50 – 70	45 – 55
Biege-E-Modul (N / mm²)	4.000 – 5.000	2.300 – 2.700
Zugfestigkeit (N / mm²)	40 – 50	25 – 30
Schlagzähigkeit (mJ / mm²)	14 – 20	25 – 35
Fogging (mg)	0,2 – 0,6	0,3 – 0,9

Tab. 2: Technische Kennwerte für zwei typische Naturfaserformpressteile (Quelle: Johnson Control)

Die schmelzende Polypropylenkomponente formt die gewünschte Struktur und verklebt das Werkstück mit dem Dekorteil. Das Fertigteil muss nun nur noch beschnitten werden. Der große Vorteil diese Verfahrens: In einem Pressvorgang können komplette Innenverkleidungsteile inklusive Dekor und Schaumstoff sowie Soft-Touch-Oberfläche ohne Einsatz von Klebstoffen hergestellt und sogar mit Halterungs- und Befestigungselementen versehen werden. Die Kaschierung gelingt besonders leicht, da die Naturfaserteile luftdurchlässig sind.

Technische Daten und Preise

Welche technischen Eigenschaften haben Naturfaserformpressteile, was kosten sie, welche Werkstoffe können sie substituieren? Die Tabelle 2 zeigt die wichtigsten technischen Daten für ein duroplastisches und ein thermoplastisches Formpressteil im Vergleich.

Experten erkennen hier schnell die Stärken und Schwächen der neuen Werkstoffe. Dichte und damit das Gewicht der Bauteile sind niedrig. Biege- und Zugfestigkeiten liegen im Bereich der Werte vieler Konkurrenzmaterialien, die Schlagzähigkeit ebenso. Allerdings nicht im Vergleich zu Glasfaserverstärkten Kunststoffen: Werden höchste Schlagzähigkeiten von über 40 mJ / mm² benötigt, können Naturfaser-Formpressteile Glasfaserverstärke Kunststoffe (GFK) (noch) nicht ersetzen.

2003 wurden bereits 45.000 t Naturfaserformpressteile in der deutschen Automobilindustrie eingesetzt. Dies sind pro PKW durchschnittlich etwa 9 kg und entspricht ca. 3,5 kg Naturfasern. Die neuen Naturfaserwerkstoffe ersetzten dabei vor allem phenolharzgebundene Holz- und Baumwollfaserwerkstoffe (wegen besserer mechanischer und besserer Fogging-Werte) sowie Kunststoffbauteile aus ABS und PC / ABS. Glasfaserbauteile wurden hingegen bislang nur in unbedeutender Menge substituiert.

Grundsätzlich setzt die Automobilindustrie naturfaserverstärkte Kunststoffe nur dann ein, wenn Kosten und Funktion den jeweiligen Bauteilanforderungen entsprechen. Dies ist in vielen Fällen gegeben. Als spezifische Vorteile von Naturfaserverbundwerkstoffen gelten:

- Gewichtsreduktion bei Leichtbau
- Gutes Crashverhalten, gute Energieabsorption
- Einfache und kosteneffiziente Prozesse mit robusten Rezepturen
- Grüne Aspekte: Ressourcenschonung, CO_2-Speicher

Interessant ist die Kostenseite: Der Naturfaserwerkstoff ist für sich genommen teurer als andere Materialien. Da ausgereifte

Abb.18: Türinnenverkleidung

Technik-Exkurs: Fließpressen

Beim Fließpressen wird aus Naturfasern oder Naturfaserhalbzeugen und einem duro- oder thermoplastischen Kunststoff zunächst eine so genannte Pressmasse produziert. In das Werkzeug eingebracht wird sie unter Druck- und Hitzeeinwirkung geformt. Bei Drücken von 60 bis 70 bar und Temperaturen von 130 bis 150 °C reagiert der duroplastische Matrixwerkstoff und härtet aus. Thermoplaste dagegen werden auf ca. 180 °C erhitzt und härten bei der Abkühlung. Mit diesem Verfahren lassen sich hochfeste, große Bauteile mit unterschiedlichen Wanddicken herstellen. Durch das Fließen der Pressmasse können auch komplexere dreidimensionale Körper als beim Formpressen hergestellt werden. Als erster naturfaserverstärkter, thermoplastischer Verbundwerkstoff für den Außenbereich wird mittlerweile eine PKW-Unterbodenverkleidung in Serie produziert (A-Klasse Daimler Chrysler).

Abb. 19: Koffer aus Naturfasern

Verfahren jedoch mehrere Arbeitsschritte in einem vereinen (z.B. One-Step-Verfahren), sind die Systemkosten für das komplette Bauteil konkurrenzfähig.

6.2 Formpressen für andere Branchen & neue Anwendungen

Was sich im Automobilbau bewährt hat, sollte an sich auch für andere Branchen interessant sein. Dennoch gibt es bis heute nur ganz wenige Anwendungen der Naturfaserformpresstechnik außerhalb der Automobilbranche. Denn die Automobilzulieferer, die die neuen Werkstoffe herstellen, arbeiten in der Regel nur für wenige Kunden – eben für die großen Automobilkonzerne. Sie produzieren aber keine Koffer, keine Möbel, keine Tabletts oder andere Produkte, für die die Formpresstechnik ebenso bestens geeignet wäre.

Abb. 20: Tabletts und Geigenkoffer aus Naturfasern

Dort, wo zweidimensionale oder einfache dreidimensionale Bauteile mit geringem Gewicht und hoher Festig- und Steifigkeit benötigt werden, können die Naturfaserformpressteile eine attraktive Lösung darstellen, wobei sich die Naturfaseroptik hier sogar als besonderes Designelement einsetzen lässt. Dies gilt besonders für farbige Kunststoffe, bei denen sich die Naturfasern optisch deutlich abzeichnen. Bereits seit einigen Jahren gibt es beispielsweise Geigen- und Gitarrenkoffer aus dem Naturfasermaterial. Aktuell bereiten verschiedene Unternehmen die Serienproduktion von Aktenkoffern vor, die im Laufe des Jahres 2005 auf den Markt kommen sollen.

7. Naturfaserspritzgießen – ein schlafender Riese?

Im vorherigen Kapitel haben wir die Form- und Fließpresstechnik kennen gelernt, die bislang den Bereich der naturfaserverstärkten Kunststoffe (NFK) vollkommen dominieren: Im Jahr 2004 wurden nahezu 99 Prozent aller NFK mit diesen Verfahren hergestellt. Mit der nun serienreifen Naturfaserspritzgießtechnik könnte sich das ändern. Die allermeisten kleineren und mittleren Kunststoffprodukte, die uns alltäglich umgeben, werden mittels Spritzgießen produziert – ein großes Potenzial für Naturfaserprodukte!

Grundprinzip

Beim Spritzgießen, oft umgangssprachlich auch als Spritzguss bezeichnet, wird die Formmasse meist aus granuliertem thermoplastischem Kunststoff in der Spritzgiessmaschine direkt zu einem oft schon

Abb. 21: Spritzgussautomat

Abb. 22: Spritzgießgranulat aus Naturfasern, Polypropylen und Haftvermittlern

gebrauchsfertigen Formteil gegossen. Das geht schnell und ist in Massenproduktion kostengünstig. Die Oberfläche des Formteils entspricht der Werkzeuginnenfläche, so lassen sich auch Strukturen und Informationen übertragen. Mittels Spritzgießen sind Teile bis zur Qualität der Feinwerktechnik herstellbar; Nacharbeit ist deshalb nicht oder nur in geringem Umfang erforderlich.

Spritzgießen gilt als am weitesten verbreitetes Kunststoffverarbeitungsverfahren. Es ist ein Massenfertigungsverfahren, bei dem Formteile in großen Stückzahlen gefertigt werden können. Mit einem Spritzgießwerkzeug können meist mehrere Millionen Formteile hergestellt werden.

Spritzgießgranulat

Das thermoplastische Kunststoffgranulat wird in der Regel mit Additiven und Füllstoffen versetzt, die die Kunststoffe steifer, UV-beständiger oder auch farbig machen. Hierzu eignen sich neben synthetischen Chemikalien auch Mineralien wie Talkum oder nachwachsende Rohstoffe wie Holzfasern und Holzmehl (siehe Kap. 8). Sollen die Kunststoffe auch höheren Belastungen standhalten, kommen Glasfasern oder auch Naturfasern als Verstärkungsfasern hinzu.

Naturfasergranulat

Das typische Naturfasergranulat besteht aus ca. 40 Prozent Naturfasern, 55 Prozent Polypropylen (PP) und fünf Prozent Haftvermittler. Statt eines mineralölbasierten Polymers können auch thermoplastisch verarbeitbare Biopolymere wie Lignin Verwendung finden. Im Extruder werden die Einzelkomponenten bei maximal 180 °C heiß vermischt, granuliert und abgekühlt.

Abb. 23: Fächerschleifscheibe im Einsatz

Als Herausforderung erweist sich dabei die gleichmäßige Zufuhr preiswerter Naturfasern bzw. Naturfaserbänder oder -pellets. Auch wenn hier inzwischen Lösungen existieren, besteht noch Bedarf an weiterer Forschung und Entwicklung. Nur wenn Naturfasergranulat auf bestehenden Spritzgießmaschinen ohne oder nur mit geringen Modifikationen verarbeitet werden kann, lässt es sich vermarkten.

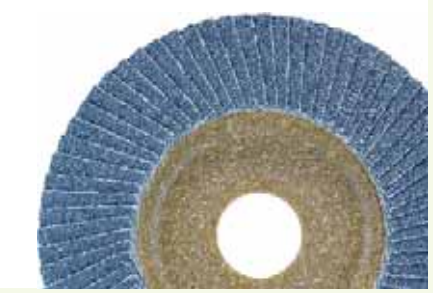

Abb. 24: Fächerschleifscheibe aus Hanf

Produkteigenschaften

Naturfaserspritzgussprodukte können in Preis und Qualität mit anderen etablierten Werkstoffen gut mithalten. Bewähren sie sich in der Serienpraxis, stellen sie für viele Anwendungen eine interessante Alternative dar. Das Material ist auch bei geringem spezifischem Gewicht fest und steif, bietet sich daher als Werkstoff für Leichtbau im Automobil, bei Möbeln oder auch bei Transportverpackungen an.

Die Eigenschaften der Polypropylennaturfaserwerkstoffe (PP-NF) unterscheiden sich je nach Verfahren erheblich. Von besonderer Bedeutung ist die Geometrie der Naturfasern im Granulat bzw. Endprodukt. Untersuchungen zeigen, dass das Verhältnis der Länge zum Durchmesser der Faser der wichtigste Parameter ist. Im Idealfall liegt es deutlich über 50:1.

Kennwerte / Werkstoff	PP-NF-Prüfkörper
Naturfaseranteil	25 – 45 % (Flachs, Hanf und weitere)
Kunststoffmatrix	Polypropylen (PP) mit Haftvermittler (z. B. MAPP)
Dichte (g / cm³)	0,95 – 1,1
Biegefestigkeit (N / mm²)	45 – 85
Biege-E-Modul (N / mm²)	3.500 – 5.500
Zugfestigkeit (N / mm²)	30 – 55
Schlagzähigkeit (mJ / mm²)	12 – 25
Fogging (mg)	1,3 – 1,6

Tab. 3: Eigenschaften von PP-NF-Werkstoffen verschiedener Hersteller

Preise und Konkurrenzprodukte

PP-NF-Granulate werden heute zu Preisen von ca. 1,50 EUR / kg angeboten, die Preise differieren je nach genauer Rezeptur und Menge. Am Markt treffen die PP-NF-Granulate mit den genannten Eigenschaften und Preisen auf Granulate aus technischen Thermoplasten wie ABS, PC / ABS, PP-Talkum und PP-Glasfaser (bis zu einem Glasfaseranteil von ca. 20 Prozent; Verbunde mit einem höheren Glasfaseranteil sind PP-NF insbesondere bei der Schlagzähigkeit überlegen).

Wann PP-NF der Vorzug gegeben wird, hängt von einer Vielzahl von Gründen ab. So dürfen z. B. im Lebensmittelbereich bei Transportverpackungen keine Glasfaserverstärkten Kunststoffe eingesetzt werden – wohl aber PP-NF-Werkstoffe.

Die Vermeidung von Glasfaserstaub war auch ein wichtiges Argument für die Verwendung von PP-NF im Trägermaterial von Schleifscheiben.

PP-NF in ersten Serienproduktionen – wachsendes Interesse bei der Industrie

2004 wurden in Europa zwischen 500 und 1.000 t Naturfasergranulate eingesetzt, deutlich mehr als in den Vorjahren. Die ersten Bauteile aus diesem Material gingen bereits 2003 in Serie. So erfolgreich, dass ein Jahr später bereits etwa zehn unterschiedliche Bauteile daraus produziert wurden. Da es sich bislang vor allem um kleinere Bauteile wie Haltehaken am Autositz und Trägerplatten für Schleifscheiben handelt, sind die Tonnagen noch bescheiden. Für das Jahr 2005 werden bereits zwischen 3.000 und 4.000 t eingesetztes PP-NF-Granulat erwartet.

Aktuell bieten in Europa etwa fünf Unternehmen PP-NF-Spritzgießgranulate bzw. PP-NF-Formteile an. Gleichzeitig warten Dutzende von Patenten von zahlreichen Forschungsinstituten auf ihre industrielle Umsetzung. Erst die nächsten Jahre werden zeigen, welche Verfahren sich am Markt durchsetzen können.

Ausblick

Es ist zu erwarten, dass die Weiterentwicklung in der Praxis eine immer bessere Ausnutzung der sehr guten physikalischen Eigenschaften der Naturfasern ermöglicht. Gleichzeitig werden Spritzgießanlagen und Werkzeuge auf das PP-NF-Material abgestimmt und das Know-how bei den Anwendern wächst.

Die schon heute realisierten Serienteile geben einen ersten Einblick in die breite potenzielle Anwendungspalette.

8. Exkurs: WPC – Holzfaserkunststoffe. Die Erfolgsgeschichte in der Bauindustrie Nordamerikas

Wood Plastic Composites (WPC) vereinen die Vorteile von Holz und Kunststoff. Sie enthalten neben veränderlichen Holz- und Kunststoffanteilen auch Additive für UV-Schutz oder Farben. Weltweit werden jährlich inzwischen über 800.000 t WPC produziert. Während es in Nordamerika rund 700.000 t sind, setzt man mit geschätzten 30.000 t für Europa noch sehr geringe Werte an. Das am weitesten verbreitete WPC-Produktionsverfahren in den USA ist das Extrusionsverfahren, nur zwei Prozent aller Produkte wurden im Spritzgießverfahren hergestellt.

Der gesamte WPC-Absatz belief sich 2002 bezogen auf Nordamerika und Europa auf rund 750 Mio. US-Dollar, der überwiegende Teil wurde auf dem US-Markt abgesetzt. Etwa die Hälfte davon geht in Bauprodukte wie Verandenbodenbeläge oder -geländer aus Polyethylen (PE) mit einem Naturfaseranteil von 50-70 Prozent.

Weitere große Marktsegmente stellen Promenaden, Lärmschutzwände und Hafendocks sowie die Geländer-, Fenster- und Türenproduktion dar. WPC-Fenster- und Türenprofile bestehen meist aus Polyvinylchlorid (PVC) und einem Faseranteil von 30-70 Prozent.

In Deutschland und Europa konzentriert man sich neben Anwendungen im Außenbereich, wie Fensterrahmen und Zaunsysteme, auf den WPC-Einsatz im automobilen Innenbereich sowie Kleinteile wie Griffe.

Abb. 25: Gartenterrasse aus WPC

9. Die große Bedeutung geeigneter Rahmenbedingungen

Da neue Werkstoffe immer in Konkurrenz zu etablierten Werkstoffen meist großer Unternehmen stehen, tun sie sich oft schwer, am Markt Fuß zu fassen. Forschung und Innovation sind der erste Schritt zu hochwertigen Werkstoffen. Gerade die deutsche Industrie hat in den letzten 100 Jahren eine Vielzahl an neuen Verbundwerkstoffen entwickelt und am Weltmarkt platziert.

Für eine erfolgreiche Markteinführung ist es wichtig, Kontakte zu knüpfen, auf Wunsch der Kunden viele spezielle Rezepturen zu erstellen, die Kunden zu bemustern, ihnen beim Einsatz der Materialien zur Seite zu stehen und parallel in Produktionsanlagen zu investieren.

Abb. 26: Lüftung im PKW

Neue Biowerkstoffe wie NFK verlangen dabei besonders viel Beratung und Betreuung. Oft müssen Produktionsprozesse und Werkzeuge angepasst werden. Unternehmen müssen überzeugt werden, auch wenn die Erfahrungen mit dem Werkstoff noch gering sind. Das geht am Besten, wenn gute technische Eigenschaften, günstige Produktionskosten und Umweltvorteile zusammen kommen.

Geeignete politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen können den Prozess der Markteinführung deutlich unterstützen und beschleunigen. Da gilt es, neue Normen zu entwickeln und die neuen Biowerkstoffe in bestehende Normensysteme zu integrieren. Dies ist inzwischen in ersten Ansätzen geschehen. Auch Verordnungen und Gesetze haben erheblichen Einfluss auf den Erfolg eines Werkstoffes. Das betrifft die Abfall- und Verpackungsverordnung ebenso wie das Kreislaufwirtschaftsgesetz, die EU-Altfahrzeug-Richtlinie bzw. das deutsche Altfahrzeuggesetz und die Elektro- und Elektronikaltgeräteverordnung. NFK sind dort bislang nur ungenügend berücksichtigt. In vielen Fällen ist es schon als positiv zu bewerten, wenn NFK-Werkstoffe nicht – einfach

Abb. 27: Tür-Innenverkleidung beim PKW

durch Übersehen ihrer speziellen Eigenschaften – benachteiligt werden.

Beim deutschen Altfahrzeuggesetz ist es durch die Anerkennung von Vergasungsverfahren als rohstoffliche Verwertung der Schredderleichtfraktion gelungen, Nachteile für NFK zu überwinden und sogar kleine Vorteile gegenüber glasfaserverstärkten Kunststoffen zu generieren. Sollte der Einsatz von NFK – allein schon wegen ihrer ökologischen Vorteile (siehe Kap. 10.2) – durch entsprechende Verordnungen und Gesetze künftig aktiv unterstützt werden, so ist bei ihren günstigen technischen und preislichen Eigenschaften mit einem großen Markterfolg zu rechnen.

10. Ausblick: Potenziale für Naturfaser-verstärkte Kunststoffe (NFK)

10.1. Neue Verfahren und Anwendungen

Wollen sich die NFK in den nächsten Jahren neue Anwendungsfelder erschließen und die erfolgreiche Nische der Automobilindustrie verlassen, müssen neue Verfahren und auch Rohstoffe entwickelt und erprobt werden.

Für die Herstellung von endlosfaserverstärkten Profilen wäre beispielsweise das Pultrusions- oder auch Strangziehverfahren eine Möglichkeit. Dabei werden Naturfaserbänder in einem kontinuierlichen Verfahrensablauf verarbeitet. Eine Serienfertigung steht jedoch noch aus.

Abb. 28: Kanu aus Naturfaserverstärkten Kunststoffen (handlaminiert)

Für Kleinserien auch großer Teile ist das Handlaminieren geeignet. Zunächst wird für die spätere Bauteilgeometrie eine Form aus Holz oder ähnlichen Materialien gefertigt, auf die das Laminat aufgebracht wird. Das Laminat besteht aus einer duroplastischen Matrix und Geweben oder Filzen. Mit diesem Verfahren wurden bereits Helme, Boote und auch Skateboards mit NFK produziert.

Besondere Chancen bietet die Modifikation der Naturfaser. Mit verfeinerten, auffibrillierten Naturfasern lassen sich stabilere Werkstoffe herstellen. Teilweise werden doppelte Kennwerte erreicht, die denen glasfaserverstärkter Teile entsprechen. Die Fibrillierung kann dabei mechanisch, physikalisch-chemisch oder auch enzymatisch erfolgen. Hier ist nicht nur Forschung notwendig, der Prozess der Verfeinerung muss außerdem noch preiswerter werden.

Mittelfristig steht die Verwendung von Biokunststoffen als NFK-Matrix ganz oben auf der Wunschliste, da hiermit besonders umweltfreundliche Werkstoffe realisiert werden können. Zurzeit stehen dem nicht nur die Kosten der Biokunststoffe, sondern auch die geringe Auswahl geeigneter Biomatrixmaterialien entgegen.

Einige NFK mit Biomatrix sind jedoch bereits erfolgreich am Markt eingeführt: Ligningebundene Hanf- und Flachsfaserwerkstoffe, die im Spritzgießen verarbeitet werden, haben mit ihren spezifischen Eigenschaften bereits ihre Nische gefunden. Mit steigenden Produktionsmengen wird der Preis sinken und die Erschließung neuer Anwendungsfelder möglich.

Abb. 29: Gehäuse für Kugellautsprecher aus ARBOFORM (Hanf plus Lignin)

10.2. Marktentwicklung, Preise und Ökologie

Die zukünftigen Produktions- und Einsatzmengen von Naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab. Zu nennen sind dabei insbesondere:

- *Technische Eigenschaften:* Sind die technischen Kennwerte und die Verarbeitbarkeit von NFK attraktiv? Können bestehende Techniken weiter verbessert, neue Anwendungen gefunden werden? Wird es bahnbrechende Neuentwicklungen geben?
- *Preise:* Sind NFK preislich konkurrenzfähig? Nimmt ihre Konkurrenzfähigkeit mit dem steigenden Ölpreis zu? Welche Rolle spielen Subventionen im Endpreis der Produkte?
- *Versorgungssicherheit:* Wird es bei steigender Nachfrage genügend Naturfasern in Europa und auf den Weltmärkten geben?
- *Ökologie:* Welche ökologischen Vorteile zeigen NFK gegenüber bisherigen Werkstoffen? Liegen hierzu Ökobilanzen vor? Welche Bedeutung haben NFK in einer nachhaltigen Wirtschaft?
- *Politisch-wirtschaftliche Rahmenbedingungen:* Wie entwickeln sich die Rahmenbedingungen für die weitere Einführung von NFK? Werden Verordnungen und Gesetze den spezifischen Vorteilen der NFK gerecht?

Neue Anwendungen und Rahmenbedingungen wurden bereits erörtert. Wie sieht es aber mit Preisen, Versorgungssicherheit und ökologischen Vorteilen aus?

Preise

Die bereits am Markt etablierten naturfaserverstärkten Kunststoffe (NFK) sind schon heute preislich konkurrenzfähig – zumindest in ihren heute wichtigsten Anwendungsbereichen. Beihilfen und Subventionen spielen bei der Preisgestaltung nur eine sehr geringe Rolle.

Wie für jede andere „Grande Culture“ in der EU gibt es auch für Hanf und Flachs eine Anbaubeihilfe. Sie trägt der EU-Agrarstruktur Rechnung und ist keine spezielle Naturfaser- oder NFK-Beihilfe. Für die Produktion der Hanf- und Flachs-Kurzfasern erhält der Verarbeitungsbetrieb eine Verarbeitungsbeihilfe in Höhe von 90 EUR / t bzw. 0,09 EUR / kg. Dies ist die einzige spezifische Beihilfe in der Wertschöpfungskette vom Hanf / Flachs zum NFK. Ihre prozentuale Bedeutung wird in der Tabelle deutlich. Im fertigen NFK-Produkt liegt der prozentuale Anteil der Beihilfe unter zwei Prozent.

Die während der letzten Jahre kontinuierlich steigenden Ölpreise verbessern die Preissituation der NFK gegenüber reinen Kunststoffwerkstoffen zusätzlich.

Versorgungssicherheit

Die Potenziale zur Produktion von Flachs und Hanf sind in der EU noch bei weitem nicht ausgeschöpft: Zudem werden unterschiedliche Naturfasern auf dem Weltmarkt aus verschiedenen, wirtschaftlich weitgehend voneinander unabhängigen Regionen wie Europa, Asien, Afrika und Südamerika angeboten. Engpässe können so leicht ausgeglichen werden.

Ökologie

Ökologische Vorteile sind ein weiterer, wichtiger Pluspunkt für naturfaserverstärkte Kunststoffe. Im Rahmen einer nachhaltigen Wirtschaft erlangt dieser Aspekt zunehmend an Bedeutung.

Material	Marktpreis in EUR / kg	Enthaltene Subvention (Verarbeitungsbeihilfe) in EUR / kg	Enthaltene Subvention in %
Flachs- und Hanffasern	0,50 – 0,60	0,09	ca. 15 %
PP-NF-Granulat (Faseranteil 40 %)	1,50	0,04	ca. 3 %
PP-NF-Produkt	> 2,00	0,04	< 2 %

Tab. 4: Subventionen bei naturfaserverstärkten Kunststoffen am Beispiel von PP-NF-Spritzgießen

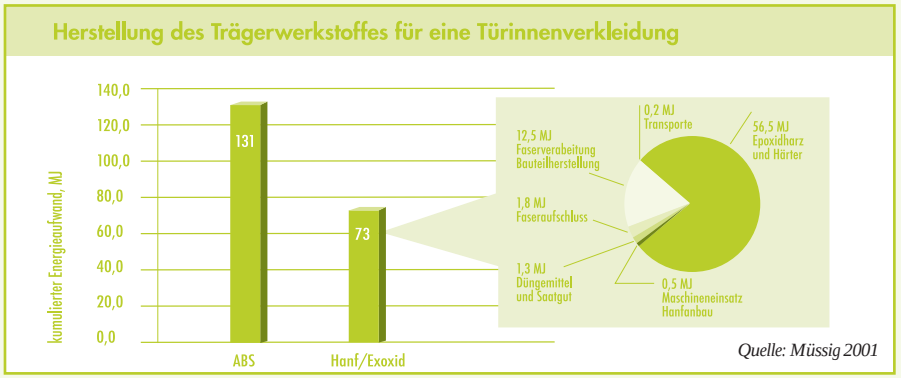

Abb. 30: Kumulierter Energieaufwand (KEA) für die Herstellung des Trägerwerkstoffes für eine Türinnenverkleidung aus hanfnadelfilzverstärktem Epoxidharz und ABS-Spritzguss. ABS steht für Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer und ist ein gängiger Kunststoff

In den letzten Jahren wurden in Deutschland eine Reihe von Sach-, Energie- und Ökobilanzen erstellt, die naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) mit bisherigen Werkstofflösungen verglichen. In praktisch allen Fällen schnitten die NFK-Werkstoffe besser ab. Abbildung 30 zeigt exemplarisch den kumulierten Energieaufwand (KEA) für eine Türinnenverkleidung aus einem ABS-Kunststoff in Relation zu einem Naturfaserformpressteil. Ein Naturfaserformpressteil lässt sich mit nur etwa halb soviel Energie herstellen wie ein ABS-Bauteil. Andere Harzsysteme, beispielsweise auf Basis nachwachsender Rohstoffe, können weitere Einsparungen bringen.

Weitaus mehr Energie lässt sich während der Laufzeit des Fahrzeugs mit NFK einsparen: Da NFK-Verkleidungen leichter sind als beispielsweise GFK, benötigt das Fahrzeug auch weniger Kraftstoff. Weitere Vorteile bieten sich bei der Entsorgung. Die thermische Nutzung (Verbrennung) des Naturfaseranteils erfolgt weitgehend CO_2-neutral. Bei thermoplastischen NFK ist im Gegensatz zu glasfaserverstärkten Kunststoffen auch eine stoffliche Wiederverwertung möglich. Aus dem Altmaterial kann neues PP-NF-Granulat mit kaum schlechteren Eigenschaften hergestellt werden. Bei einem der gängigen Entsorgungsverfahren, der Vergasung der geschredderten NFK-Teile, tragen die Naturfasern im Gegensatz zu Glasfasern oder mineralischen Füllstoffen außerdem positiv zur Stoff- und

Energiebilanz bei. Unterm Strich: naturfaserverstärkte Kunststoffe entlasten die Umwelt, schonen die endlichen Ressourcen und vermeiden CO_2-Emissionen. Setzt man zusätzlich Biopolymere ein, kann die Gesamtbilanz der neuen Werkstoffe weiter verbessert werden.

10.3. Marktpotenziale – Perspektiven für die Zukunft

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) sind schon heute hochinteressante, innovative Werkstoffe für die Industrie. In der Automobilindustrie längst etabliert, werden sie in einer nachhaltigen Wirtschaft auch in anderen Branchen immer mehr an Bedeutung gewinnen. Denn sie können uns auch und gerade bei knapper werdenden Erdölressourcen all den Produktkomfort bieten, den wir heute von den petrochemischen Kunststoffen her gewöhnt sind; und dies nachhaltig und mit deutlich reduzierten Umweltbelastungen.

Marktpotenziale bis 2010

Derzeit werden naturfaserverstärkte Kunststoffe vor allem mit drei Produktionsverfahren hergestellt: Form- und Fließpressen sowie Spritzgießen. Die Grafik zeigt die erschließbaren Marktpotenziale dieser Verfahren bzw. Werkstoffe bis 2010 unter der Annahme, dass das in der Automobilindustrie etablierte und bewährte Formpressverfahren auch in anderen Branchen, wie z. B. Möbel- und Kofferproduktion, Fuß fassen kann.

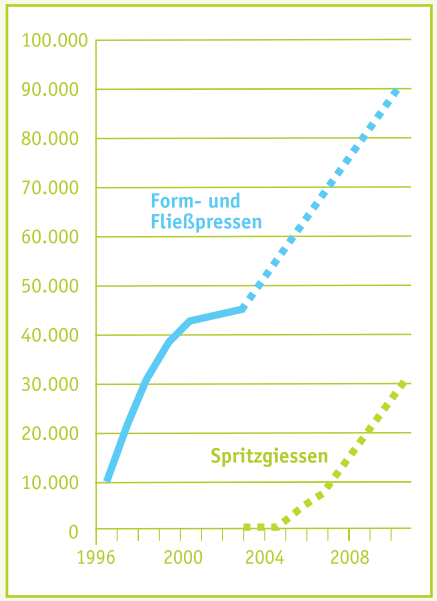

Abb. 31: Marktentwicklung naturfaserverstärkte Kunststoffe in Deutschland bis 2010 (Quelle: nova-Institut)

Über das Naturfaserpolypropylenspritzgießen (PP-NF) könnten sich Werkstoffe für eine Vielzahl von Anwendungen in und vor allem außerhalb der Automobilindustrie etablieren. Fast alle Kunststoffprodukte, die uns umgeben, werden im Spritzgießverfahren hergestellt und könnten auch PP-NF als Werkstoff verwenden.

11. Adressen, Ansprechpartner, Internet-Links

Arbeitsgemeinschaft
Verstärkte Kunststoffe –
Technische Vereinigung e. V. (AVK-TV)
www.avk-tv.de und www.avk-natur.de

Bundesministerium für Ernährung
Landwirtschaft und Verbraucherschutz,
www.landwirtschaftsministerium.de

Deutscher Naturfaserverband e.V. (DNV)
www.naturfaserverband.de

Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V. (DLR),
Institut für Strukturmechanik
www.dlr.de

Fachagentur Nachwachsende
Rohstoffe e.V. (FNR)
www.fnr.de, www.biowerkstoffe.info

Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE)
www.faserinstitut.de

Institut für angewandte Forschung (IAF),
FH Reutlingen
www.iaf.fh-reutlingen.de

Institut für Kunststoff- und Recyclingtechnik Universität Kassel
www.unikassel.de / fb15 / info / fb_prof.ghk

Institut für Verbundwerkstoffe GmbH
(IVW), Universität Kaiserslautern
www.ivw.uni-kl.de

Interessengemeinschaft Biologisch
Abbaubare Werkstoffe e.V. (IBAW)
www.ibaw.org

N-FibreBase – Das Informationsportal
für Naturfaserverstärkte Kunststoffe
www.n-fibrebase.net

IWM Fraunhofer Institut Werkstoffmechanik, Halle
www.iwmh.fhg.de

Das Nachrichtenportal für
Nachwachsende Rohstoffe
www.nachwachsende-rohstoffe.info

nova-Institut GmbH
www.nova-institut.de / nr

Technische Universität Clausthal (PUK),
Institut für Polymerwerkstoffe und
Kunststofftechnik
www.tu-clausthal.de

Thüringisches Institut für Textil- und
Kunststoff-Forschung e.V. (TITK)
www.titk.de

12. Glossar

Abaca – Faserpflanze (Bananenfaser), auch Manila-Hanf (nicht mit Hanf verwandt) genannt; wird überwiegend auf den Philippinen angebaut.

ABS – Abkürzung für Acrylnitril-Butadien-Styrol (thermoplastischer Kunststoff).

Biege E-Modul – Maß für die Steifigkeit eines Bauteils im Biegeversuch.

Biegefestigkeit – Maß für die Festigkeit eines Bauteils im Biegeversuch, Stärke der Biegebelastung beim Bruch.

Dichte – Gewicht pro Volumen.

Extruder – ummantelte archimedische Schraube, typische Maschine zur Kunststoffverarbeitung.

Fibrillierung – Auflösen der Faserbündel bei Naturfasern in kleinere Bündel und Einzelfasern.

Filz – Faservliesstoff, bei dem die Fasern durch mechanische Verschlingungen verfestigt sind.

Fogging – Niederschlag von Emissionen eines Werkstoffs z. B. im Autoinnenraum.

GFK – Glasfaserverstärkter Kunststoff.

Glasfaser – lange, dünne Fasern, die aus Glas bestehen; zur Herstellung von Glasfasern zieht man geschmolzenes Glas auseinander.

Granulat – rieselfähige Körner, hier ein Kunststoffhalbzeug.

Holzfaser – Die kleinste mit bloßem Auge erkennbare Einheit im Aufbau des Holzes, Fasern verlaufen in Wuchsrichtung.

Laminat – mehrlagiger Werkstoff, der durch Verbinden mindestens zweier Lagen gleicher oder verschiedener Materialien entsteht.

Matrix – hier: Kunststoff, in den die Fasern des Verbundwerkstoffes eingebettet sind.

Nadelfilz – siehe Filz; wobei die Verschlingung im Prozess mit Nadeln erfolgt.

PC/ABS – Polycarbonat-Acrylnitril-Butadien-Styrol (Polycarbonat ist ein synthetischer, klarsichtiger und sehr schlagfester Kunststoff).

Phenolharze – Synthetische Harze, die durch eine chemische Reaktion erstarren. Erster vollsynthetischer, duroplastischer Kunststoff der Welt.

Polymer – eine chemische Verbindung, die aus Molekülketten oder stark verzweigten Molekülen (Makromolekülen) besteht.

Schlagzähigkeit – Maß für die Schlagstärke eines Bauteils, bei der im Versuch ein Teststab bricht.

Steifigkeit – gibt den Widerstand eines Bauteils gegenüber mechanischer Verformung an.

THC – Tetrahydrocannabinol, wichtigster, berauschender Wirkstoff im Drogenhanf (Marihuana).

Vlies – Vliesstoff, bei dem die geschichteten, lagestabilen Fasern durch ein Bindemittel (Kleber, Harz, Thermoplast) verfestigt sind.

Zugfestigkeit – Maß für die Festigkeit eines Bauteils im Zugversuch, Stärke der Zugbelastung, bei der ein Teststab reißt.

13. Literatur

Robert R. Franck: Bast and other plant fibres. Verlag: Woodhead Publishing Ltd., Cambridge (UK), 2005. ISBN: 1-85573-684-5 Price: 195,00 EUR. (Dieses Buch kann im nova Buch-Shop www.nachwachsende-rohstoffe.info / pdf / bast-plants.php erworben werden!)

Amar K. Mohanty, Manjusri Misra, Lawrence T. Drzal: Natural Fibres, Biopolymers, and Biocomposites. Verlag: CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton (USA), 2005. ISBN: 0-8493-1741-X - Price excluding VAT (GBP) £ 875.00 (Approx US$ 1,575, EUR 1,313).

Andrzej K. Bledzki, Volker E. Sperber, Universität Kassel: Wood and Natural Fibre Composites, Scientific Presentations 1999 - 2005. Verlag: PPH ZAPOL, Szczecin (Polen), 2005. ISBN: 83-89260-89-1. (Preis EUR 48,00 - Achtung: Nur erhältlich über Anfrage an sekretariat.kutech@uni-kassel.de