

## PILOTPROJEKT: TRÄGER IM KFZ-INNENRAUM

### - QUALITÄT UND KONSTRUKTION AUS DER SICHT DER ENTWICKLUNG UND DES ENGINEERING -

Jörg Müssig<sup>1</sup>  
Axel S. Herrmann<sup>2</sup>

Faserinstitut Bremen e.V. – FIBRE –, Bremen

#### **Abstract**

*Durchgeführt wird das vorgestellte Projekt von der Firma DST Dräxlmaier Systemtechnik GmbH im neu errichteten Werk Achim bei Bremen, zusammen mit den Projektpartnern AGRO-Dienst GmbH in Huntlosen, INVENT GmbH aus Braunschweig sowie dem Faserinstitut Bremen - FIBRE. Ziel dieses Gemeinschaftsprojekts ist, die Qualität von Naturfasernadelfilzen als Verstärkungskomponente von naturfaserverstärktem Polyurethan soweit zu steigern, dass sie den hohen Anforderungen von Kfz-Instrumententafeln genügen. Die systematische Untersuchung der Einflüsse zwischen Faser- und Filzeigenschaften ist zentraler Gegenstand, wobei die Optimierung der Filze auf die Verbesserung des Drapierverhaltens gerichtet ist. Gelingt es, einen Naturfaserverbundwerkstoff für die sehr anspruchsvollen Instrumententafeln einzusetzen, würde dies zu einer Gewichts- und auch Kostenreduzierungen führen, verbunden mit einer volkswirtschaftlich vorteilhaften Bedarfserhöhung für Fasern aus heimischem Anbau. Neu ist vor allem der Schritt von der rein verkleidenden Struktur zur tragenden Struktur, womit ein neues Marktsegment für die Naturfasern erschlossen wird. Ein durchdachtes Qualitätsmanagement ist jedoch Voraussetzung beginnend mit dem Pflanzenanbau unter kontrollierten Bedingungen, dem Faseraufschluss und der Herstellung von Nadelfilzen bis zum fertigen Strukturbauteil [ML 2001].*

## 1 EINLEITUNG

Die Möglichkeiten, Naturfasern im Bereich der Innenverkleidungsteile einzusetzen, sind sehr umfassend. Ein bereits weit etabliertes Serienbauteil aus Naturfasern stellt die Türinnenverkleidung dar. Auf dem Markt befinden sich unterschiedliche Werkstoffverbunde aus Naturfasern und Polymeren. Eine gängige Kombination ist die von Naturfasernadelfilzen und Polyurethanharzen [KLEINHOLZ u.a. 1996, PRÖMPER 1997 und MÜLLER u.a. 1998]. Der Einsatz von Naturfasern sollte sich allerdings nicht nur auf rein verkleidende Strukturen be-

---

<sup>1</sup> E-mail: muessig@faserinstitut.de

<sup>2</sup> E-mail: herrmann@faserinstitut.de

schränken. Das Potenzial der Naturfasern, insbesondere bei Verwendung von Hanffasern [HERRMANN 95] ist sehr viel weitreichender und erlaubt auch die Realisierung tragender Strukturen, die heute typischerweise aus glasfaserverstärkten Kunststoffen hergestellt werden.

Ziel des vorgestellten Verbundprojekts ist, die Qualität von Naturfasernadelfilzen als Verstärkungskomponente von naturfaserverstärktem Polyurethan so weit zu steigern und zu sichern, dass sie den hohen Anforderungen an Trägerwerkstoffe von Kfz-Instrumententafeln genügen. Bei deren Formgebung müssen textile Halbzeuge erhebliche Umformgrade ertragen. Die notwendigen Anforderungen an die Nadelfilze bezüglich des Drapierverhaltens sind sehr hoch. Weiterhin müssen die Bauteile hohen mechanischen Eigenschaften genügen.

Die Arbeiten im Projekt befassen sich mit dem Versuch der Integration von Hanffasern aus heimischer Landwirtschaft in hochwertige Bauteile der Fahrzeugkomponenten. Ziel ist, Qualitätsvorteile für heimische Pflanzenfasern zu erarbeiten, um nachhaltig die Relevanz des Faserpflanzenanbaus für die heimische Landwirtschaft zu stärken. Hierbei müssen Qualitätsaspekte vom Anbau bis zum Bauteil betrachtet werden. Für die Erreichung des Projektziels ist es notwendig, dass Partner der gesamten Wertschöpfungskette beteiligt sind. Dies beginnt mit dem Hanfanbau, dem Faseraufschluss und der Herstellung von Nadelfilzen durch die Firma AGRO-DIENST GmbH. In enger Zusammenarbeit mit dem Faserinstitut Bremen e.V. – FIBRE werden für das spezielle Bauteil die Zusammenhänge zwischen Faser-, Filz und Bauteileigenschaft untersucht. In Zusammenarbeit mit der Invent GmbH soll darüber hinaus das Umformverhalten der Filze verbessert werden. Die Erreichung höherer Geometrietiefen beim Umformprozess soll einerseits durch rechnergestützte Analyse des Drapierverhaltens und andererseits durch eine Verbesserung der Drapierfähigkeit von Naturfaserfilzen realisiert werden. Die Bauteil- und Verfahrensentwicklung sowie die Herstellung erfolgt bei dem Antragsteller DST Dräxlmaier Systemtechnik GmbH.

Im folgenden wird die Wichtigkeit eines funktionierenden Qualitätsmanagements entlang der Wertschöpfungskette dargelegt. Hierbei werden anhand ausgewählter Beispiele wesentliche Stufen des Produktweges beleuchtet und die Wichtigkeit des geplanten Vorgehens dargelegt.

## **2 QUALITÄT VOM ANBAU ZUR FASER FÜR VERBUNDWERKSTOFFE**

Häufig werden in den Diskussionen um die Potenziale der heimischen Faserpflanzen die Aktivitäten zur Wiederbelebung des Flachsbaus der 80er Jahre als negatives Beispiel herangezogen. Als Resultat wird oftmals der Bereich der heimischen Faserpflanzenutzung als wenig zukunftsfruchtig betrachtet. Eine Analyse der Flachsförderung kann dazu führen, die Probleme und Defizite der Vergangenheit aufzuzeigen und potenzielle Lösungen für zukünftige Orientierungen zu formulieren. Wie die Ausführungen von HARIG und MÜSSIG zeigen, wurden zur Zeit des Versuches der Wiedereinführung des Flachsbaus Mitte der 80er Jahre Ernte- und Aufbereitungstechniken gefördert, jedoch ohne zuvor einen direkten Produkt- oder Marktzugang aufzubauen. Viele technische Einsatzbereiche waren zu diesem Zeitpunkt weitgehend unzureichend entwickelt. Die Blickrichtung wurde zu wenig auf das Marktgeschehen in den etablierten Flachsbauländern Belgien und Frankreich gelenkt. In diesen Ländern bestanden für den Längsflachs und das anfallende Werg langjährig gepflegte Geschäftsbeziehungen und Absatzwege auf dem Textilmarkt. In vielen Fällen wurden nicht die vorteilhaften Organisationsstrukturen beispielsweise der belgischen Flachsschwingen übernommen, die

eine enge Kooperation - zum Teil in Personalunion - zwischen Landwirten und Aufbereitern vorsehen. Dementsprechend schwer war der Marktzugang für den deutschen Flachs. Das eigentliche Marktvolumen erwies sich ebenfalls als relativ klein. In der Hochpreisphase für Flachsfasern wurden die Anbauflächen deutlich ausgeweitet, was nach kurzer Zeit zu einem drastischen Preisverfall führte. Am Beispiel der Flachsaktivitäten in Niedersachsen wird deutlich, wie wichtig auch bei nachwachsenden Rohstoffen ein Qualitätsmanagement ist. Nach Aussagen von ROTTMANN-MEYER zu den Flachsaktivitäten in Niedersachsen wurde in den Anfängen zu wenig an einem funktionierenden Qualitätsmanagement gearbeitet, welches bereits auf dem Feld beginnt und Einflüsse wie Feuchtigkeit, Röste etc. berücksichtigt. Die Qualitätsbeurteilung war zum Teil schlecht nachvollziehbar und es fand keine produktbezogene Objektivierung statt, da kein funktionierendes Instrumentarium zur Qualitätsbestimmung vorhanden war. Dies führte dazu, dass die Ernte und Aufbereitungsschiene nicht optimiert werden konnte. Die Erfahrungen aus dem Flachsbereich zeigen, dass eine schlecht nachvollziehbare Qualitätsbeurteilung und eine fehlende produktbezogene Objektivierung infolge eines nur in Ansätzen vorhandenen Instrumentariums zur Qualitätsbestimmung dazu führten, dass die Ernte- und Aufbereitungsschiene nicht optimiert werden konnte. Eine der Flachsschwingen, die die genannten Schwierigkeiten besser meistern konnte, befindet sich in Schleswig-Holstein. Nach HEGER mussten die bereits zuvor beschriebenen Wissens- und Verfahrenslücken durch mühsames Erlernen ausgeglichen werden. Im Gegensatz zu den meisten anderen Betrieben war eine enge Kooperation zwischen Anbauern und Betreibern von vornherein geplant. Der enge Wissenstransfer und ein besser organisiertes Qualitätsmanagement führten zu höheren Ausbeuten und nachvollziehbaren Faserqualitäten. Weiterhin wurde sowohl im technischen Bereich als auch im Bekleidungssektor versucht, die Wertschöpfungskette möglichst nahe in Richtung des Endkunden zu bringen. Für den Bereich der Konstruktionswerkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bietet die Landesinitiative RIKO des Landes Niedersachsen durch Bildung eines Netzwerkes wesentliche Impulse und Unterstützung zum Schließen der Wertschöpfungskette.

Aus den zuvor genannten Aspekten wird deutlich, dass eine Abstimmung einzelner Stufen in der Wertschöpfungskette *vom Anbau zur technischen Anwendung* extrem wichtig ist. In vielen Ansätzen und Arbeiten werden die einzelnen Stufen völlig isoliert voneinander betrachtet. Sinnvollerweise sollte ein Ineinandergreifen der einzelnen Stufen erreicht werden. Dies sollte mit dem Ziel verfolgt werden, Qualitätsvorteile für heimische Pflanzenfasern zu erarbeiten, um nachhaltig die Relevanz des Faserpflanzenanbaus für die heimische Landwirtschaft zu stärken. Hierbei müssen Qualitätsaspekte vom Anbau bis zum Verbundwerkstoff betrachtet werden [MÜSSIG 2001]. In Bild 1 ist die gesamte Kette schematisch dargestellt.

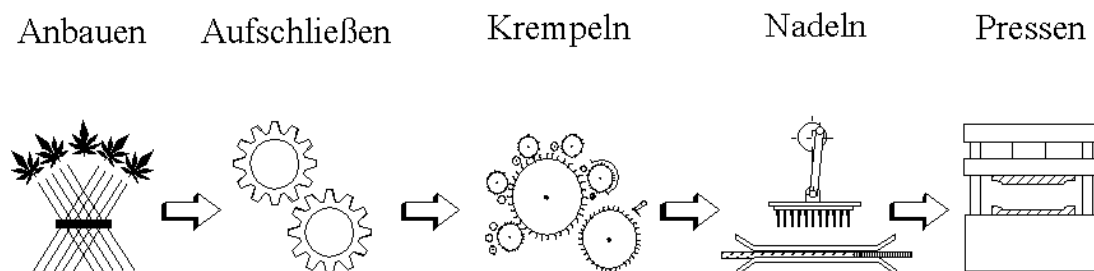


Bild 1: *Vom Anbau zum Verbundwerkstoff* [MÜSSIG 2001]

### 3 QUALITÄT VON DER FASER ZUM FILZ

Die Publikationen z.B. von SENGUPTA u.a. oder DEBNATH u.a. machen deutlich, dass bereits ausführliche wissenschaftliche Untersuchungen zur Nadelfilzherstellung aus Jutefasern durchgeführt wurden. Im Gegensatz dazu wird in vielen Arbeiten die Nadelfilzherstellung aus Hanffasern nur ansatzweise betrachtet. Dass allerdings die Einflüsse unterschiedlicher Fasereigenschaften und Fasermischungen auf die Verarbeitungs- und Produkteigenschaften von Hanfnadelfilzen großen Einfluss haben, ist erwiesen [MÜSSIG 2001]. Bei der Verarbeitung müssen beispielsweise Zusammenhänge zwischen Faserbündel- und Verarbeitungseigenschaften beachtet werden. Im Vorfeld durch Erntetechnik und Erntegutlagerung geschädigte Faserbündel weisen einen geringen Widerstand gegen die Garnituren der Krempel auf und werden demzufolge bei hohen Verlusten stark eingekürzt. Deutlich sind ebenfalls die Zusammenhänge zwischen Röstzustand und Verarbeitbarkeit. Gut geröstete Varianten weisen gegenüber ungerösteten deutliche Vorteile in der Verarbeitung auf. Sie zeigen geringere Verluste, lassen eine weitere Verfeinerung ohne starke Einkürzung im Krempelprozess zu und ermöglichen durch ihre feineren Faserbündel eine homogenere Faserflorbildung. Die Vorteile zeigen sich ebenfalls in der Nadelfilzherstellung. Gut geröstete, feine Faserbündel lassen sich sehr homogen zu Nadelfilzen verarbeiten. Die erreichbaren Festigkeiten liegen bei identischer Maschineneinstellung deutlich über denen der Filze aus groben ungerösteten Faserbündeln.

Für die weiterführenden Verarbeitungsprozesse zum Bauteil, muss die Diskussion über die Feinheit der Fasern einerseits aus Produktions- und andererseits aus Werkstoffseite gesehen werden. Wie im Bild 2 schematisiert, stellen grobe Fasern aus Produktionssicht bei schnellen Taktzeiten die bessere Wahl dar.

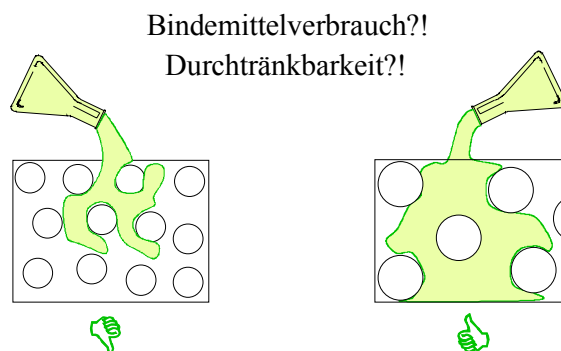


Bild 3: *Einfluss der Faserfeinheit auf die Verarbeitbarkeit zum Verbundwerkstoff*  
[MÜSSIG 2000]

Bei der Verarbeitung von Nadelfilzen zu Verbundwerkstoffen mittels Presstechnik müssen allerdings noch weitere Aspekte Berücksichtigung finden. Wie die Arbeiten von ODENWALD u.a. zeigen, bieten die Verfahren zur Herstellung von Vliesen und Filzen aus Flachsfasern eine breite Palette an Möglichkeiten zur Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften und des Umformverhaltens. Die Wahl der Verfestigungsverfahren hat dabei großen Einfluss. Für die mechanischen Eigenschaften der Verbundwerkstoffe ist darüber hinaus der Faservolu-

mengehalt, die Feinheit der Fasern und der Einsatz von Haftvermittler von großer Bedeutung. Das Umformverhalten der textilen Halbzeuge hingegen ändert sich wesentlich mit der Änderung der Verfahrenseinstellungen bei der Vlies und Filzproduktion. Bei der Herstellung von Nadelfilzen sind vor allem die Nadeldichte und die Einstichtiefe von entscheidender Wichtigkeit. So lassen sich textile Halbzeuge wie beispielsweise Nadelfilze gezielt für den jeweiligen Einsatzzweck realisieren [KÖHLER, BERGNER, ODENWALD 1999].

Ausgehend von systematischen Untersuchungen sollen im Rahmen dieses Projektes die Einflüsse der Faser- auf die Filzeigenschaften ermittelt werden. Hierbei ist es notwendig, mögliche Einflussnahme auf die Faserqualität bereits frühzeitig in der Wertschöpfungskette zu erkennen und zu kontrollieren. Dies beginnt mit der Wahl geeigneter Standorte und Pflanzensorten, erstreckt sich über eine optimierte Gestaltung der Erntetechnik und der Röste und endet bei einem möglichst schonendem Aufschluss der Hanffaserbündel. Die Auswahl der Fasern und die Optimierung der Nadelfilze ist vor allem auf eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der Bauteile hin ausgerichtet. Dies wird mit dem Ziel verfolgt, leichtere Konstruktionen zu realisieren. Ein weiterer Schwerpunkt wird auf die Verbesserung des Drapierverhaltens von Nadelfilzen aus heimischen Pflanzenfasern gelegt.

#### **4 QUALITÄT VOM FILZ ZUM BAUTEIL**

Die hohen Anforderung an das Drapierverhalten von textilen Halbzeugen bei komplexen Bauteilen aus Verbundwerkstoffen sind hinlänglich bekannt [vgl. z.B. WULFHORST und HÖRSTING 1990]. In der Entwicklung von Bauteilen aus textilverstärkten Verbundwerkstoffen sind oft langwierige Versuchsreihen zum Auffinden der günstigsten Anordnung der Textillagen erforderlich. Die mechanischen Eigenschaften von dreidimensional ausgeformten Komponenten werden stark vom Drapierverhalten der Verstärkungstextilien beeinflusst. Dabei können Abweichungen der Fadenlage von der beabsichtigten Richtung der Kraftaufnahme um 10 % bereits zu Festigkeitsverlusten um 65 % führen. Vor diesem Hintergrund erscheint es notwendig, die Simulation des Drapierens als einen wesentlichen Bestandteil der Verbundstoffherstellung einzubeziehen. Somit können merkliche Beschleunigungen bei der Produktentwicklung erreicht werden [CHERIF u.a. 1996].

Die Herstellung von Bauteilen mittels Umformung ermöglicht die Realisierung von kurzen Zykluszeiten. Kernproblem ist die mögliche Faltenbildung während des eigentlichen Umformprozesses. In Bild 4 ist die Simulation einer Gewebeerformung an einfachen Körpern grafisch dargestellt. Ein geeignetes Hilfsmittel zur Lösung dieser Probleme ist die Ablagesimulation, die mittels eines Drapieralgorithmus die Faserorientierung des Verstärkungsgewebes berechnen kann [PIRY 1999]. Neben der Gewebeerformung lassen sich auch die Faltenbildung und die Ermittlung des erforderlichen Gewebezuschchnitts erfassen [WULFHORST, HÖRSTING 1990].

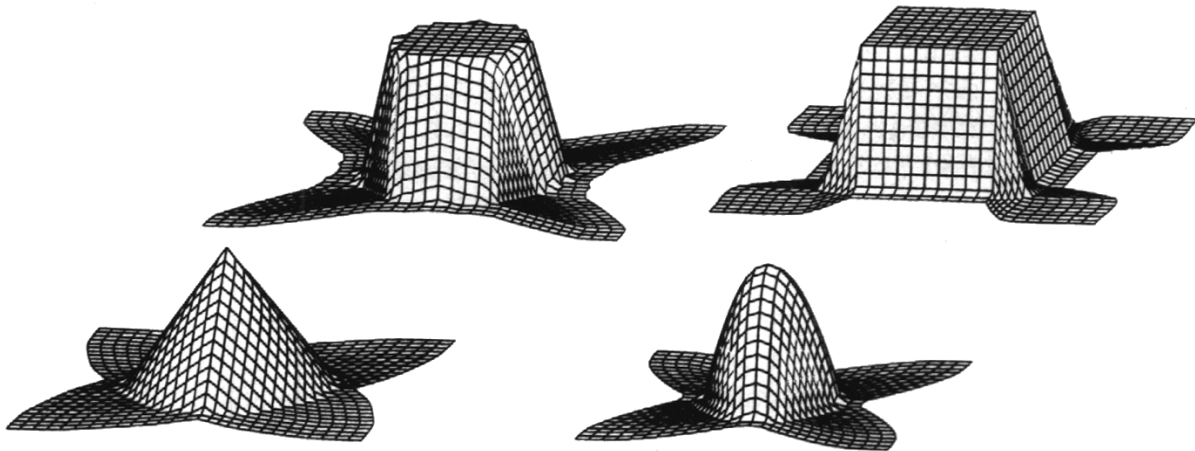


Bild 4: Simulation der Gewebeverformung an einfachen Körpern [WULFHORST, HÖRSTING 1990]

Die Anstrengungen im Bereich der Untersuchung des Drapierverhaltens von Geweben haben dazu geführt, dass nicht nur der Umformvorgang besser verstanden wird, sondern dass mittlerweile umfassende Drapierungsmodellierungen zur Formung von dreidimensionalen textilen Vorformen realisiert sind [vgl. z.B. POTLURI u.a. 2001].

Während im Bereich der Gewebe das Drapierverhalten durch Simulation besser verstanden wird, sind die Arbeiten im Bereich der Drapierung von Vliesen und Filzen noch am Anfang. In diesem Zusammenhang sind z.B. die Arbeiten von KÖHLER, BERGNER und ODENWALD zu nennen. In ihren Arbeiten wird das Verhalten von Filzen aus Natur- und Polypropylenfasern bei der Verformung, insbesondere bei der Anwendung in Press- und Tiefziehverfahren untersucht. Dadurch, dass die Fasern im Nadelfilzprozess durch Verschlingungen verfestigt werden, unterscheiden sich Filze erheblich von den Prepregs und den Formmassen im GMT- oder LFT-Verfahren. Erfahrungen und Methoden aus der Bestimmung des Formverhaltens bei den letztgenannten Verfahren lassen sich nicht auf das Verformungsverhalten von Filzen übertragen. Zur Simulation des Verformungsverhaltens der Filze beim Pressverfahren betrachten KÖHLER u.a. alternative Methoden wie die Photogrammetrie und die Graumaßstab-Korrelationsanalyse, wobei der Grad der Deformation graphisch erfasst wird. Beide Methoden eignen sich für die Analyse der Nadelfilze aus Natur- und Polypropylenfasern beim Pressen. Die Verfahren können allerdings nicht direkt miteinander verglichen werden [KÖHLER, BERGNER, ODENWALD 1999A].

Vor dem Hintergrund der Wichtigkeit einer optimierten Drapierbarkeit für die Eigenschaften und die Qualität von naturfaserverstärkten Bauteilen, soll im Projekt ausgehend vom Stand der Technik die Verbesserung des Drapierverhaltens von Naturfasernadelfilzen erreicht werden. Dies ist erforderlich, um geometrisch komplizierte Bauteile wie z.B. Instrumententafeln von Kraftfahrzeugen fertigen zu können. Hierzu wird in den geplanten Arbeiten ein Simulationswerkzeug entwickelt. Diese Entwicklung könnte insbesondere dazu dienen, komplex geformte Bauteile aus Naturfaserfilzen zu realisieren, die bisher nicht darstellbar waren.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung und Qualifizierung von Naturfasernadelfilzen aus heimischen Pflanzenfasern für sehr leichte naturfaserverstärkte Bauteile. Der Schwerpunkt des Projekts liegt auf einer Realisierung der Wertschöpfungskette vom Anbau über den Aufschluss und die Nadelfilzherstellung bis zum Bauteil. Ein geeignetes Qualitätsmanagement soll entlang dieser Kette aufgebaut werden. Die systematische Untersuchung der Einflüsse zwischen Faser- und Filzeigenschaften ist zentraler Gegenstand, wobei die Optimierung der Filze auf die Verbesserung des Drapierverhaltens gerichtet ist. Es wird eine Versuchstechnik entwickelt, die eine einfache und reproduzierbare Charakterisierung ermöglicht. Die Übertragung dieser Ergebnisse auf Bauteile beliebiger Geometrie soll mit einem Simulationswerkzeug erreicht werden. Im Projekt sollen nicht nur die beschriebenen grundlegenden Untersuchungen durchgeführt werden, sondern bereits ein Prototyp einer Instrumententafel hergestellt werden. Die sicherheitsrelevanten Airbagklappen sind im Falle eines Öffnens des Airbags hohen mechanischen Kräften ausgesetzt. Sollte es gelingen, die hohen Anforderungen, die an ein solches Bauteil gestellt werden, zu erreichen, wäre dies mit einem deutlichen Imagegewinn für die Werkstoffe aus naturfaserverstärkten Polymeren verbunden [MITTERMEIER 2001].

## 6 LITERATUR

- CHERIF, C. / WULFHORST, B. 1996: *New results in drapeability simulation of reinforcement textiles for composites by means of FEM*. TEX Comp 3, (3rd International Symposium), New Textiles for Composites, Session 2, Modelling 1, (Aachen 1996-12-9 bis 1996-12-11), (1996) S. 10/1 - 10/18
- DEBNATH, C. R. / ROY, A. N. / GHOSH, S. N. / MUKHOPADHYAY, B. N. 1996: *Anisotropic behaviour of needle-punched parallel-laid jute nonwovens*. Indian Journal of Fibre & Textile Research, (ISSN 0377-8436), Vol. 21, December 1996, S. 244 – 250
- HEGER, E. 1998: *Flachsaktivitäten in Schleswig-Holstein*: persönliche Mitteilung, Juni 1998 (Firma Holstein Flachs GmbH, Mielsdorf)
- KLEINHOLZ, R. / BOHG, B. / HOLZKI, R. 1996: *Traegererteile für Automobilinnenverkleidungen aus naturfaserverstärktem PUR-Harz*. Konferenz Einzelbericht. PUR-Technik 1996 : (München 1996-01-31 bis 1996-02-01), S. 17 - 30 .- Tagungsband
- KÖHLER, E. / BERGNER, A. / ODENWALD, S. 1999A: *Forming of Hybrid- Nonwovens made from Natural and Thermoplastic Fibres*. In: Universität Gh Kassel, Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff- und Recyclingtechnik, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg. und Verant.): 2<sup>nd</sup> International Wood and Natural Fibre Composites Symposium (2. Internationale Tagung) (Kassel 1999-06-28 bis 1999-06-29) Kassel: Institut für Werkstofftechnik, 1999, S. 19-1 bis 19-6 .- Tagungsdokumentation
- KÖHLER, E. / BERGNER, A. / ODENWALD, S. 1999B: *Naturfaser-Polypropylen-Hybridvliesstoffe - Universelle Halbzeuge zur Herstellung von 3D-Leichtbaustrukturen*. Konferenz-Einzelbericht: 2. Internationales Symposium Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Erfurt, D, 1.-2. Sep, 1999, (1999) S. 1.15. 1 bis 11

- HARIG, H. / MÜSSIG, J. 1999: *Heimische Pflanzenfasern für das Automobil*. In: Harig, H. / Langenbach, C.J.: *Neue Materialien für innovative Produkte – Entwicklungstrends und gesellschaftliche Relevanz*. Berlin: Springer Verlag, 1999 (Wissenschaftsethik und Technikfolgenbeurteilung Bd. 3), S. 235 – 251
- HERRMANN, A.S. 1995: *Verbundwerkstoffe aus biologischen Fasern (z.B. Hanf)- und Matrixkomponenten*, Reader zum Symposium Biorohstoff Hanf, Frankfurt, 2.3.-5.3. 1995
- MITTERMEIER, J. 2001: *Projektziel und Anforderungsprofil für hochwertige Träger aus Sicht des Systemlieferanten*: Vortrag zum Workshop „Nachwachsende Rohstoffe in hochwertigen Anwendungen“ anlässlich der AGRITECHNICA in Hannover. Neue Materialien Niedersachsen e.V. (Veranst.), Hannover, Messegelände, 2001-11-15
- ML 2001: *Landesregierung fördert die Entwicklung von Naturfaserhalbzeugen für ultraleichte Verbundwerkstoffe im Automobilbau*: Pressemitteilung vom Ministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, Hannover: 2001-10-18
- MÜLLER, H./FRIES, K.-W. 1998: *PUR Natur im Automobil*. Kunststoffe 88 Jhg. / Heft 4 1998, S. 544 - 546
- MÜSSIG, J. 2000: *Naturfasern in Verbundwerkstoffen: Zukünftige Einsatzpotenziale*. nova, the value-marketing, FIBRE (Veranst.): Symposium MIH-Abschlussveranstaltung - Aktuelle Trends in der Hanfwirtschaft - (Hürth, RWE-Info-Zentrum 7. Dezember 2000), im Rahmen des EU-ADAPT Projektes Marktinnovation Hanf, MIH-Fachvorträge: <http://www.naturfaserwirtschaft.de>
- MÜSSIG, J. 2001: *Untersuchung der Eignung heimischer Pflanzenfasern für die Herstellung von naturfaserverstärkten Duroplasten - vom Anbau zum Verbundwerkstoff -*. Düsseldorf: VDI Verlag GmbH, 2001, (Fortschritt-Bericht VDI, Reihe 5, Nr. 630), (ISBN 3-18-363005-2)
- POTLURI, P. / SHARMA, S. / RAMGULAM, R. 2001: *Comprehensive drape modelling for moulding 3D textile preforms*. In: Zeitschriftenaufsatz: Composites, Part A, Band 32A (2001) Heft 10, S. 1415-1424
- PRÖMPER, E. 1997: *Autoinnenverkleidungen aus Naturfasern*. NRW-Hanftag 1997 / Hanf & Co. Rohstoffe für eine nachhaltige Entwicklung (Bad Sassendorf 28. August 1997). Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, Projektbüro Hanf. - Tagungsdokumentation S. 65 - 67
- ROTTMANN-MEYER, M.-L. 1998: *Flachsaktivitäten in Niedersachsen*: persönliche Mitteilung, Mai 1998 (Landwirtschaftskammer Hannover)
- SENGUPTA, A.K. / SINHA, A. K. / DEBNATH, C. R. 1985: *Needle-Punched Non-Woven Jute Floor Coverings: Part I - Influence of Fibre and Process Variables on Tensile Properties of Fabrics*. Indian Journal of Textile Research, (ISSN 0377-8436), Vol. 10, September 1985, S. 91 - 96
- PIRY, M. 1999: *Der Weg zum idealen FVK-Bauteil. Rechnerunterstützte Auslegung von Faserverbundkunststoffen*. In: Schweizer Maschinenmarkt, (1999) Heft 22, Seite 40 - 41, 43
- WULFHORST, B. / HÖRSTING, K. 1990: *Rechnergestützte Simulation der Drapierbarkeit von Geweben aus HL-Fasern für Faserverbundwerkstoffe*. In: Chemiefasern/Textilindustrie, 92. Jg. (1990) Heft 7/8, S. T118 bis T122