

Kennwertdatenbank zur Auslegung und Berechnung von Bauteilen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen

Faserinstitut Bremen e.V.
Jörg Müssig, Gabriel Cescutti

Institut für Kunststoffverarbeitung – IKV , RWTH Aachen
Michael Dahlke

M-Base Engineering + Software GmbH
Frank Otremba

nova-Institut für politische und ökologische Innovation GmbH
Michael Karus

1 Einleitung

Naturfasern aus heimischen Pflanzen wie etwa Flachs und Hanf werden zunehmend zur Verstärkung von Kunststoffen eingesetzt und besitzen für bestimmte Anwendungsfälle das Potenzial, klassische Verstärkungsfasern wie etwa Glas zu ersetzen. Die bisherigen Anwendungen von naturfaserverstärkten Kunststoffen beschränken sich jedoch eher auf gering beanspruchte Bauteile wie Verkleidungsteile von PKW. Höher belastete Strukturbauteile werden aus naturfaserverstärkten Kunststoffen bisher nicht hergestellt, da die hierfür erforderlichen Kennwerte für die Dimensionierung nicht ausreichend verlässlich zur Verfügung stehen.

In einem über die Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) vom BMVEL geförderten Gemeinschaftsprojekt wird daher eine rechnerbasierte Kennwert-, Markt- und Wissensdatenbank zu den Themenbereichen Naturfasern und naturfaserverstärkten Kunststoffen mit dem Namen „N-FibreBase“ entwickelt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Um die umfangreichen Gebiete der Naturfasern und der naturfaserverstärkten Kunststoffe in einer übersichtlichen Form umfassend darstellen zu können, ist eine modulare Datenbank geplant.

Für die technischen Aspekte von Naturfasern, Matrixwerkstoffen auf der Basis petrochemischer oder nachwachsender Rohstoffe und naturfaserverstärkten Kunststoffen werden zunächst einzelne Datenstrukturen mit den jeweils geeigneten Kennwerten und Prüfbedingungen erstellt. Gekoppelt werden diese Datenbankmodule über eine Verträglichkeitsmatrix, in die bereits bekannte Kombinationen aus Naturfasern und Kunststoffen bewertet eingetragen werden. Zu einem Gesamtsystem ergänzt werden diese Module durch Angaben zu realisierten Bauteilen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen, Herstellern, Lieferanten und Verarbeitern mit den jeweiligen Adressen. Die einzelnen Module der Datenbank werden mit geeigneten Querverweisen verbunden, sind aber auch eigenständig anwendbar und können unabhängig voneinander gefüllt und gepflegt werden. Um die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen des Naturfasermarkts zu berücksichtigen wird in die Datenbank ein eigenständiges Modul integriert, in dem Marktdaten wie Preise, Verfügbarkeiten und Marktstrukturen beschrieben und abgelegt werden. Damit können von der landwirtschaftlichen Produktion der heimischen Rohstoffe über die Aufbereitung zu technisch nutzbaren Naturfasern und die Weiterverarbeitung zu verstärkten Kunststoffen bis hin zur Konstruktion und Berechnung von Bauteilen aus diesen Werkstoffen alle relevanten Aspekte in einer Datenbank integriert werden. Durch die Bereitstellung von standardisierten Kennwerten und Daten für die Konstruktion mit naturfaserverstärkten Kunststoffen sowie von verlässlichen Hinweisen zu ihrer Verarbeitung wird die Akzeptanz für diese Werkstoffgruppe nachhaltig erhöht.

Informationen zum Projektstatus und den beteiligten Forschungsstellen sowie erste Module der Datenbank können unter www.N-FibreBase.net eingesehen werden.

2 Die Projektpartner

Im Mai 2002 startete das vom BMVEL über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow geförderte Gemeinschaftsprojekt mit vier teilnehmenden Forschungsstellen unter der Leitung des Instituts für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Aachen. Als Partner sind in dem Projekt das Faserinstitut Bremen e.V. – FIBRE –, insbesondere für den Bereich Naturfasern zuständig, die Firma M-Base Engineering + Software GmbH, Aachen, welche die Software der Datenbank erstellt und das nova-Institut GmbH, Hürth, von dem Beiträge zur Markt- und Beschaffungssituation bei Naturfasern beigesteuert werden, beteiligt. Die oben genannten gleichberechtigten Partner haben sich für das zu bearbeitende Datenbank-Projekt zu einer Forschergruppe zusammengeschlossen, die bis April 2004 an der Entwicklung der Datenbank arbeiten und diese der Öffentlichkeit vorstellen werden wird.

3 Markterhebung 2002: „Naturfasereinsatz in Verbundwerkstoffen in Deutschland und Österreich“

Von Juni bis Oktober 2002 wurden 139 Unternehmen und Institute aus dem Bereich Naturfaserverbundwerkstoffe in Deutschland und Österreich mittels eines standardisierten Fragebogens angeschrieben. 24 Unternehmen und Institute, davon 50% Automobilzulieferer (hier Tier-One-Supplier) schickten den ausgefüllten Fragenbogen zurück. Primäres Ziel der Erhebung war es, analog zu den Umfragen des nova-Institutes in den Jahren 1996, 1999 und 2000, verlässliche Zahlen zum erreichten Status und zur zukünftigen Marktentwicklung des Einsatzes von Naturfasern in Verbundwerkstoffen in Deutschland und Österreich zu erheben /24, 25, 26/.

Die Auswertung der Umfrageergebnisse zur derzeitigen Marktstruktur zeigt, dass maßgeblich die großen Automobilzulieferer Naturfasern für Verbundwerkstoffe einsetzen. Im Folgenden sind einige der wichtigsten Hersteller von Naturfaserverbundwerkstoffen in Deutschland und Österreich für den Automobilssektor aufgeführt:

- Borgers
- Dräxlmaier
- Faurecia Interior Systems
- Findlay Industries
- Funder Industrie
- Johnson Controls Interiors
- Karmann
- Lear Corporation
- Quadrant
- Seeber

Grundsätzlich zeigen die Umfrageergebnisse unter den Tier-One-Suppliern, dass trotz der relativ schwachen Auto-Konjunktur in den Jahren 2001 und 2002, der Einsatz an Naturfasern (ohne Holz- und Cottonfasern) für Verbundwerkstoffe weiter zugenommen hat. In Bild 1 ist die aktuelle Entwicklung bis 2002 dargestellt. Hiernach wurden im Jahr 2001 15.100 t einge-

setzt und für das Jahr 2002 wird ein Einsatz von Naturfasern mit einer Menge von 17.200 t für Verbundwerkstoffe prognostiziert.

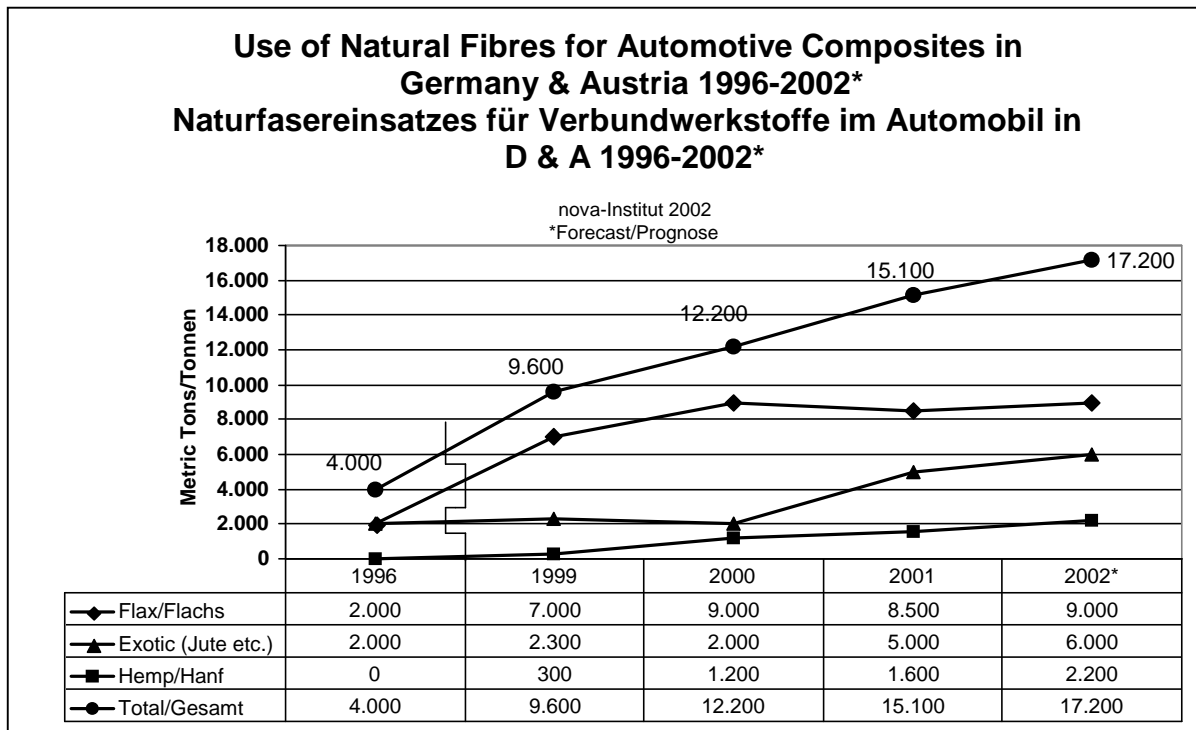


Bild 1: Naturfasereinsatz für Verbundwerkstoffe im Automobilbereich

Grundsätzlich zeigt sich seit 1999 ein fast linearer Anstieg der Einsatzmengen mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von ca. 22% bis 2002. Dieses Wachstum wurde allerdings in den einzelnen Jahren von unterschiedlichen Naturfasern getragen. Bis zum Jahr 2000 war das Wachstum im starken Maße durch den vermehrten Einsatz von Flachsfasern bedingt. Mit dem Beginn der Flachsmodewelle im Bekleidungsbereich und dem Anziehen der Flachswergpreise im Jahr 2001 änderte sich dieses Bild jedoch und die bis dato eher stagnierenden bzw. sogar rückläufigen Umsatzmengen der „tropischen und subtropischen Fasern“ (Jute, Kenaf, Sisal) konnten in den Jahren 2001 und 2002 kräftig zulegen. Der Einsatz an Hanffasern zeigt seit seiner Wiederentdeckung im Jahr 1996 einen kontinuierlich Anstieg auf ca. 2.200 t im Jahr 2002.

In Bezug auf den Wert der eingesetzten Naturfasern ergibt sich für das Jahr 2002, bei insgesamt 17.200 t und einem durchschnittlichen Preisniveau von 0,55-0,60 EUR/kg, ein Marktwert von ca. 10 Mio. EUR in Deutschland und Österreich (gesamt EU ca. 15 Mio. EUR bei ca. 25.000 t Naturfasereinsatz).

Auch die Prognosen der Tier-One-Supplier für die zukünftige Mengenentwicklung von 2001 bis 2005 fallen mit durchschnittlich ca. 14 bis 15% pro Jahr weiterhin positiv aus. Je nach realisierter Wachstumsrate kann mit einem Naturfasereinsatz von ca. 26.000 - 34.000 t für Naturfaserverbundwerkstoffe im Automobilbereich gerechnet werden.

In den Automodellen, in denen derzeit Naturfasern für Formpressteile eingesetzt werden, beträgt der durchschnittliche Einsatz an Naturfasern je nach Modell zwischen 5 und 10 kg pro Automobil. Zukünftig ist damit zu rechnen, dass weitere Modelle sowohl in anderen Fahrzeugsegmenten und Verkehrsträgern (z.B. Kleinwagen, LKW, Bahnen) als auch in anderen europäischen Ländern (z.B. Frankreich) mit Naturfaserformpressteilen ausgerüstet werden.

Allein bei den derzeit möglichen 5 bis 10 kg Naturfasern pro Automobil ergibt sich - bei 16 Mio. produzierten Fahrzeugen in Westeuropa – bei äußerst positiver Prognose ein Marktpotenzial von 80.000 - 160.000 t/a an Naturfasern für Formpressteile.

Die Auswertung der Umfrageergebnisse der Tier-One-Supplier zu den aktuellen Verarbeitungsverfahren zeigt, dass im Vergleich zur Umfrage im Jahr 2000, analog zum Kunststoff-Gesamtmarkt ein klarer Trend zu thermoplastischen Matrixsystemen wie PP erkennbar ist. Der Grund hierfür liegt insbesondere in der leichteren Verarbeitbarkeit von Thermoplasten mit z.T. höheren Taktzeiten.

Aus Bild 2 ist ersichtlich, dass im Jahr 2000 noch ca. 45% der gefertigten Naturfaserformpressteile eine duroplastische Matrix (z.B. Polyurethan) aufgewiesen haben. Im Jahr 2001 und 2002 hingegen verfügten nur noch 22 bis 24% der Naturfaserverbundwerkstoffe über eine duroplastische Matrix. Es wird ebenfalls deutlich, dass hinsichtlich der Verarbeitungsverfahren weiterhin Formpressteile dominieren. Allerdings ist beim Spritzguss ein leichter Anstieg auf 4,7% in 2002 zu verzeichnen, welcher derzeit auf den schon serienmäßigen Einsatz von Cellulosefaserspritzguss zurückzuführen ist. (In diesen Zahlen sind Naturfasern ebenso wie Holz- und Cellulosefasern enthalten).

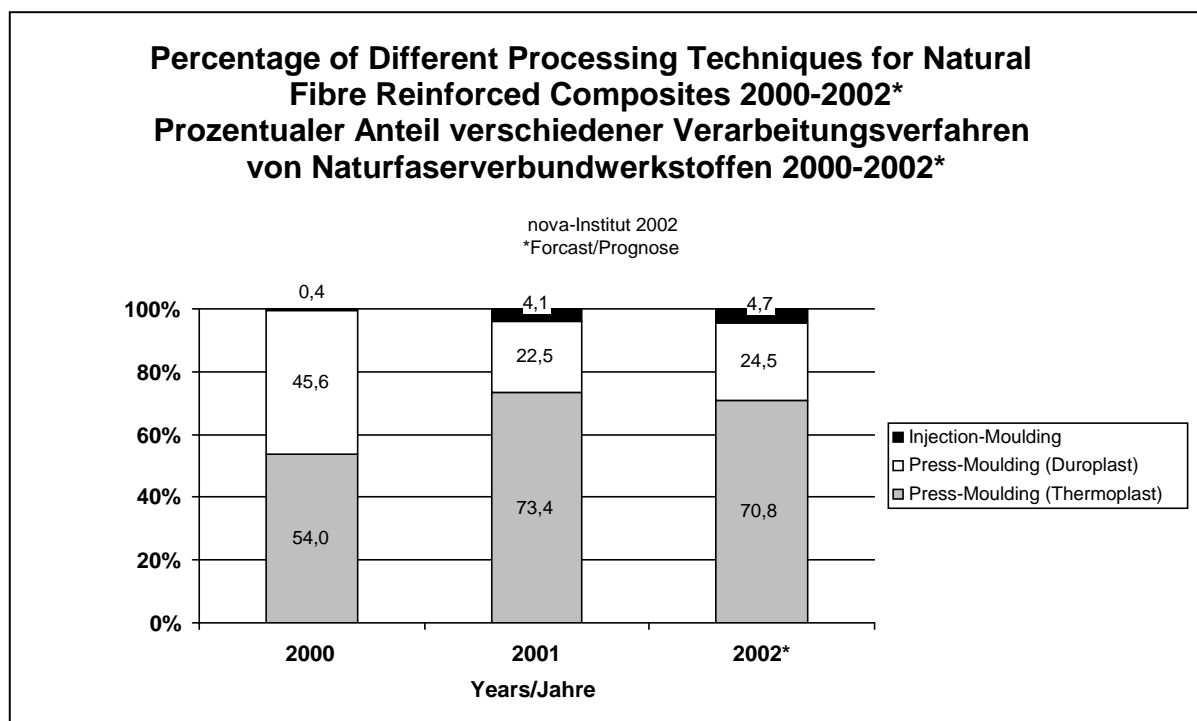


Bild 2: *Prozentualer Anteil verschiedener Verarbeitungsverfahren von Naturfaserverbundwerkstoffen*

Im Hinblick auf die Zukunftstrends bis 2005 zeigen die Auswertungsergebnisse in Bild 3, dass 32% der Befragten Unternehmen und Institute mit einer Zunahme der Bedeutung von Naturfaserspritzgussverfahren rechnen. Der Bereich Naturfaserspritzguss kann hiernach zu einem wichtigen Wachstumsträger des zukünftigen Naturfasereinsatzes in Verbundwerkstoffen werden. Auch andere innovative Verfahren und Werkstoffe wie „Modifizierte/behandelte Naturfasern für erweiterte Einsatzgebiete“ oder auch „Naturfaserverstärkte Biokunststoffen“ wurden von jeweils 19% der Befragten als zukünftig bedeutender gewertet.

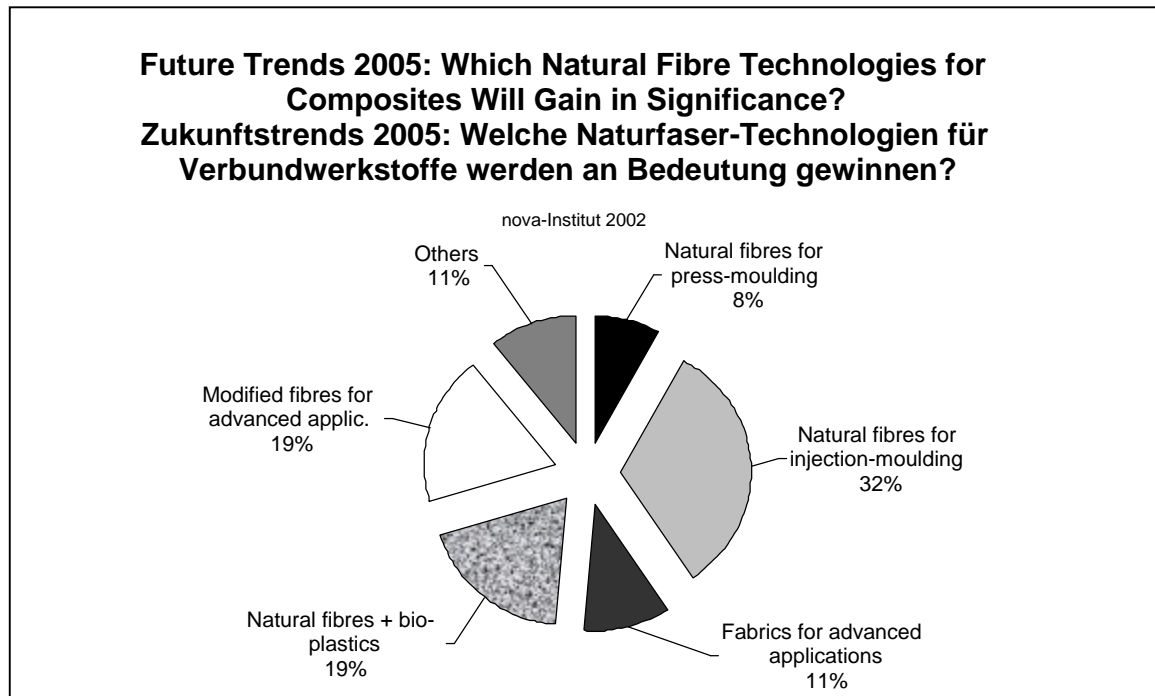


Bild 3: *Zukunftstrends 2005*

Die Ergebnisse der Markterhebung zeigen die wachsende Bedeutung für die Werkstoffgruppe der naturfaserverstärkten Kunststoffe. Um dieser wachsenden Bedeutung auch aus konstruktiver, werkstofftechnischer und verarbeitungstechnischer Sicht nachzukommen, wird die in diesem Artikel beschriebene Datenbank für naturfaserverstärkte Kunststoffe und Naturfasern entwickelt. In den folgenden Abschnitten werden die Strukturen der Datenbank und die einzelnen Module dargestellt.

4 Modularer Aufbau der Datenbank

Die Struktur der Datenbank wurde so gewählt, dass für die unterschiedlichen Aspekte einzelne Module erstellt werden, die zunächst eigenständig zu nutzen sind. Der Aufbau und die Bedeutung der einzelnen Module wird in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt. Eine wesentliche Arbeit im Projektverlauf stellt die Auswahl und Festlegung geeigneter Datenfelder dar, die in den jeweiligen Modulen eingetragen werden können.

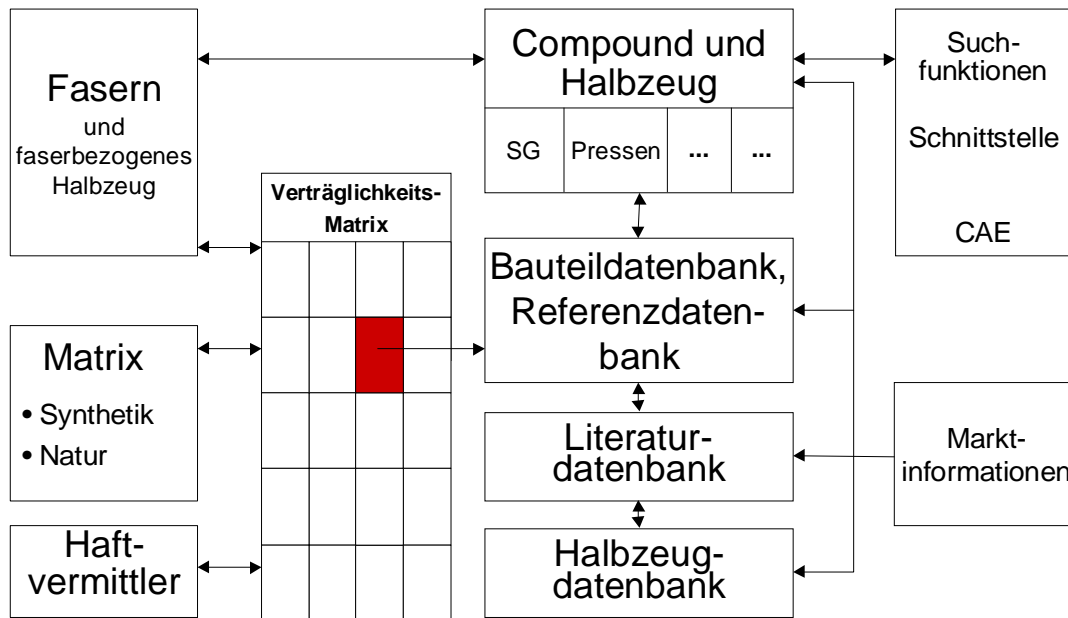


Bild 4: Modulare Struktur der Datenbank N-FibreBase

Über eine zentrale Internetseite können die einzelnen Module für die verschiedenen Funktionen aufgerufen werden. Zwischen den Modulen existieren geeignete Verknüpfungen, durch die der Nutzer der Datenbank z.B. von einem Datenblatt eines naturfaserverstärkten Kunststoffes direkt in das Referenzbauteilmodul gelangen kann, um hier einige bereits realisierte Bauteile aus dem entsprechenden Werkstoff zu finden. Bild 4 zeigt die prinzipielle Struktur der Datenbank mit den einzelnen Modulen und die geplanten Querverweise zwischen diesen.

4.1 Kennwertmodule

Diese Module werden die für die Werkstoffauswahl, Auslegung, Konstruktion, Simulation und Berechnung benötigten Kennwerte enthalten. Mit Hilfe dieser Kennwerte soll der Konstrukteur in die Lage versetzt werden technisch anspruchsvolle Anwendungen mit naturfaserverstärkten Werkstoffen zu realisieren.

4.1.1 Modul für Naturfasern

Auf Grund zum Teil fehlender Kenntnis über die Naturfasereigenschaften wird für technische Anwendungen im Bereich von Naturfaserverbundwerkstoffen eine Berechnung der Eigenschaften bisher selten praktiziert. Für eine Produktion von naturfaserverstärkten Polymeren, die ihren Einsatz in technischen Anwendungen finden, ist ein derartiges Vorgehen nicht ausreichend. Eine wichtige Grundlage für die Berechenbarkeit von Verbundwerkstoffkennwerten und die Simulation von Verarbeitungseigenschaften ist die Kenntnis der Faser- und Polymer-eigenschaften. In enger Abstimmung im Projektteam und mit anderen Forschungseinrichtungen sind notwendige Fasereigenschaften für das Datenbankmodul *Naturfasern* definiert worden, die in dem modularen Aufbau der Datenbank erweiterbar sind. Es wird eine Struktur geschaffen, die auch bisher ungenügend beachtete Fasereigenschaften berücksichtigt. Einer-

seits werden dem Nutzer hierdurch wichtige zu beachtende Eigenschaften näher gebracht, andererseits wird der Bedarf für eine breitere Charakterisierung der Fasereigenschaften deutlich.

Neben der Berücksichtigung von Faserkennwerten für die Simulation werden in die Datenbank auch Fasereigenschaften aufgenommen, die eine wichtige Grundlage für eine Vergleichbarkeit von insbesondere heimischen Naturfasern erlauben. Diese Kennwerte sollen auch eine bessere Übersicht und eine Vergleichbarkeit mit den Angaben im Datenbankbereich *Beschaffungsmodul* erlauben. Hierbei werden insbesondere folgende Kennwerte berücksichtigt:

- Morphologische Eigenschaften: Feinheit und Länge
- Mechanische Eigenschaften: Festigkeit und Modul
- Farbe und Röstgrad
- Chemische Zusammensetzung
- Fogging- und Geruchswerte
- Schäben- und Staubanteile

Zusätzlich zu diesen Angaben ist in der Datenbankstruktur die Möglichkeit gegeben, Informationen über die Anbau- und Aufschlussbedingungen sowie die Sorte und das Anbaujahr aufzunehmen.

In der Datenbankstruktur sind Schnittstellen zu den anderen Modulen eingerichtet. Vor allem sind hier die Verknüpfungen zu den Bereichen *Beschaffungsmodul* und *Verträglichkeitsmatrix* zu nennen. Entsprechend Bild 4 ist über die Verträglichkeitsmatrix eine Schnittstelle zu allen anderen Modulen der Datenbank gegeben.

Die Arbeiten zum Aufbau des Datenbankbereichs *Modul für Naturfasern* stellen eine große Herausforderung dar. Die Charakterisierung von Bastfasern ist durch die Aktivitäten verschiedener Forscher und Institutionen zum Teil sehr intensiv untersucht worden. Angefangen bei der Simulation des Aufschlusses¹, über die Faserfeinheitsbestimmung², der Festigkeitsbestimmung³ bis hin zu Konzepten, die eine umfassende Charakterisierung der Bastfasern in einem Gesamtkonzept sehen, wie z.B. die Arbeiten von Fischer et al. /5/, Kessler et al. /6/, Martens et al. /13/. In diesem Zusammenhang werden allerdings Fragen der Vergleichbarkeit von Prüfverfahren, der Standardisierung oder der Harmonisierung selten berücksichtigt. Als Beispiele zur Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Prüfverfahren sind hier unter anderem die Arbeiten von Baetens /10/, Drieling et al. /14, 16/ und Müssig /18/ anzuführen. Allerdings ist bei der Bastfaserprüfung im Vergleich zu anderen Naturfasern, bei weitem noch nicht der Stand erreicht, den die etablierten Prüfmethode n z.B. bei der Cotton- und Wollfaserprüfung inne haben. Dies betrifft vor allem Aspekte der Geräteentwicklung, der Vergleichbarkeit von Messergebnissen, der Normung sowie der Standardisierung und Harmonisierung von Prüfverfahren. Vor diesem Hintergrund sind im Rahmen dieses Projekts auch insbesondere die zuvor genannten Aspekte zu berücksichtigen. Einige Ausführungen hierzu finden sich im Abschnitt 5 „*Bestrebungen bei der Standardisierung von Kennwerten für Naturfasern*“.

4.1.2 Modul für Faserhalbzeuge

¹ vergleiche z.B. die Arbeiten von Chesson /4/, Beckmann et al. /7/ oder Müssig /18/

² vergleiche hierzu die Arbeiten von Simor /1/, Otto /2/, Baetens /10/, Drieling et al. /16/ und Schmid et al. /19/

³ vergleiche hierzu z.B. die Aktivitäten von Funder /3/, Kohler et al. /8/, Beckmann /11/, Rennebaum /9/, Bos et al. /15/, Sankari /17/ und Nechwatal /20/

Das *Modul für Faserhalbzeuge* soll besonders eng mit dem Datenbankbereich *Beschaffungsmodul* verbunden sein, um dem Nutzer der Datenbank eine direkte Verbindung zwischen Halbzeugeigenschaft und Halbzeugverfügbarkeit anbieten zu können. Im ersten Aufbau dieses Moduls sollen insbesondere textile Halbzeuge berücksichtigt werden, die bereits eine Anwendung in naturfaserverstärkten Verbundwerkstoffen finden. Hierbei handelt es sich um

- Filze,
- Vliese,
- Bänder sowie
- Vorgarne und Garne.

Geplant ist eine ausbaufähige Struktur, die sich aus den Anforderungen der Verbundwerkstoffherstellung und den gewünschten Verbundwerkstoffeigenschaften ergibt. Die in die Datenbank aufgenommenen Kennwerte werden mit den bereits vorhandenen Anforderungen seitens der Industrie abgeglichen. Es wird weiterhin ein Vorschlag für eine einheitliche Prüfung der Produkteigenschaften erarbeitet und in die Datenbankstruktur integriert. Dies erscheint insbesondere vor dem Hintergrund einer zu realisierenden Vergleichbarkeit von Messergebnissen von Bedeutung. Am Beispiel der Prüfung von Naturfasernadelfilzen soll dies im Folgenden kurz erläutert werden. Der Zuverlässigkeit der Prüfung der Nadelfilze und der Vergleichbarkeit der ermittelten Werte kommt eine wichtige Bedeutung zu. Dies wird durch die in der Praxis verwendeten, häufig voneinander abweichenden Prüfmethoden nicht vereinfacht. So werden neben unterschiedlichen DIN- und ISO-Normen auch interne Prüfvorschriften z.B. von Automobilzulieferern angewandt. Häufig ist die Vergleichbarkeit untereinander und die Zuverlässigkeit der Prüfmethoden nicht hinreichend bekannt. Zusammenfassend lässt sich nach den Ausführungen von Müssig /21/ festhalten, dass die Prüfbedingungen zur Nadelfilzprüfung aus DIN-Norm und internen Prüfvorschriften der Automobilzuliefererindustrie einen deutlichen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Bei der Überprüfung zeigte sich, dass eine Umrechnung der Dehnungswerte von einem Verfahren zum anderen unzulässig ist. Aus Sicht der Zuverlässigkeit der betrachteten Prüfmethoden ergaben sich weiterhin deutliche Unterschiede zwischen den betrachteten Verfahren.

Durch das skizzierte Vorgehen soll die Datenbank auch in diesem Bereich die Bereitstellung von nachvollziehbaren, zuverlässigen Eigenschaftswerten ermöglichen.

4.1.3 Modul für Compounds

Das Modul wird Kennwerte für Compounds duro- und thermoplastischer Polymere und Naturfasern enthalten. Bei den Matrixwerkstoffen werden dabei sowohl Kunststoffe aus fossilen als auch solche aus nachwachsenden Rohstoffen berücksichtigt. Es werden Kennwerte für Werkstoffe verschiedenster in der Kunststoffverarbeitung relevanter Verarbeitungsverfahren abgelegt.

Die Kennwerte einzelner Verarbeitungsverfahren werden untereinander vergleichbar sein. Dies wird durch die genauen Spezifikation der Probendurchführung und Probekörper sichergestellt. Kennwerte unterschiedlicher Verarbeitungsverfahren können hingegen nicht immer vergleichbar sein, da z.B. die Probekörper nicht auf die gleiche Weise hergestellt werden können. Hierdurch entsteht eine Einteilung der Werkstoffe in Verarbeitungsgruppen. Die Datenbank wird umfangreiche Funktionen zur Werkstoffauswahl, z.B. umfangreiche Suchfunktionen und graphische Darstellung von Kennwerten bieten. Die Benutzerführung wird stark an die der bekannten CAMPUS[®] Datenbank angelehnt sein /22/. Dies bietet dem Nutzer den

Vorteil einer vertrauten Softwareumgebung und ermöglicht die effektive Benutzung ohne umfangreiche Einarbeitung. Um den großen Bestand bereits gemessener, aber nicht den Spezifikationen entsprechenden Kennwerte nicht auszuschließen, werden diese Informationen in einem Textfeld abgelegt und sind somit dem Nutzer zugänglich gemacht. Eine vergleichende Suche wird mit diesen Informationen aber nicht möglich sein und ist auch nicht sinnvoll.

Die Datenbank wird direkte Schnittstellen zu verschiedenen Simulationssystemen (Verarbeitungssimulation, Strukturanalyse, Lebensdauerberechnung) bieten. Die hierfür eventuell notwendige Bestimmung von Modellparametern wird ebenfalls direkt von der Datenbanksoftware durchgeführt werden.

4.2 Verträglichkeitsmatrix

Um eine Übersicht zu bieten, welche Kombinationen aus Naturfasern und Kunststoffen bereits erfolgreich realisiert wurden, wird die Darstellungsform einer Verträglichkeitsmatrix gewählt. Diese enthält in den Zeilen die betrachteten Naturfasern und in den Spalten die jeweiligen Kunststoffe, unterteilt nach Thermoplasten und Duroplasten auf der Basis petrochemischer und nachwachsender Rohstoffe. Zunächst werden aus den relevanten Literaturstellen und Patenten zum Themengebiet der naturfaserverstärkten Kunststoffe die Informationen zu den einzelnen Paarungen von Matrix und Faser ermittelt und in einer Excel-Tabelle strukturiert gesammelt. Für die Kombinationen, die bereits erfolgreich realisiert werden konnten und zu denen entsprechende Quellen existieren, werden in dem zugehörigen Feld die entsprechenden Informationen und Quellen abgelegt. In den Datenfeldern der Verträglichkeitsmatrix werden bereits realisierte Bauteile, Literaturstellen und Verweise zu Patenten verwaltet.

Die Umsetzung der Verträglichkeitsmatrix in die endgültige Software-Lösung wird im weiteren Verlauf des Projekts erfolgen. Der Nutzer der Datenbank gelangt über einen entsprechenden Verweis auf die Seite mit der Verträglichkeitsmatrix. Auf dieser Übersicht werden die Felder der Kombinationen von Matrix und Faser besonders gekennzeichnet, für die positive Ergebnisse bezüglich der Verträglichkeit dokumentiert sind. Die Felder der Kombinationen, für die sich keine Informationen zur Verträglichkeit ermitteln lassen, bleiben weiß. Sind in der Literatur negative Aussagen bzw. Hinweise zur erwiesenen Unverträglichkeit für bestimmte Kombinationen von Fasern und Matrix dokumentiert, so werden die zugehörigen Felder entsprechend als nicht geeignet gekennzeichnet. Bei der Nutzung der Verträglichkeitsmatrix kann der Nutzer direkt ablesen, welche Kombinationen bereits erfolgreich realisiert wurden und welche sich noch nicht bewähren konnten.

Wünscht der Nutzer weitergehende Informationen, so kann er die einzelnen Felder der Verträglichkeitsmatrix anwählen und wird zu den hinterlegten Informationen, auf denen die Eingruppierung beruht, verwiesen. Hinter jedem Feld mit entsprechender Kennzeichnung verbirgt sich also eine separate Seite mit den entsprechenden Informationen. Von hier aus können sowohl die Querverweise auf das Literaturmodul als auch auf die Verweise auf das Modul der Referenzbauteile genutzt werden.

4.3 Informationsmodul

Neben den Modulen, aus denen der Nutzer Kennwerte von Naturfasern, Faserhalbzeugen und naturfaserverstärkten Kunststoffen auslesen kann, wird die Datenbank um einige Informationsmodule erweitert. Diese Informationsmodule dienen dazu, einem Anwender die nötigen Informationen in einer verständlichen und übersichtlichen Form zur Verfügung zu stellen. Es

sind hierzu verschiedene Informationsmodule vorgesehen, die nachfolgend beschrieben werden.

4.3.1 Hintergrundwissen

Innerhalb der Datenbankstruktur wird zur Information des Anwenders ein Hintergrundwissensmodul eingefügt. Dieses Modul enthält neben grundsätzlichen Informationen zu Naturfasern auch leicht verständliche Darstellungen der üblichen Verarbeitungsverfahren. Zusätzlich werden übliche Anwendungen beispielhaft beschrieben, sowie die Marktsituation von Naturfasern dargestellt. Die im Hintergrundwissensmodul präsentierten Informationen enthalten im Wesentlichen möglichst grundlegende Texte und Bilder, mit denen sich der Nutzer einen guten Überblick über die Themenkomplexe verschaffen kann.

Das Modul zur Präsentation des Hintergrundwissens wird in HTML geschrieben und bietet somit eine gute Möglichkeit, zwischen den verschiedenen Informationsseiten Verknüpfungen zu realisieren. Für die jeweiligen Hauptthemenfelder werden einzelne Seiten gestaltet, auf denen die Texte und Bilder dargestellt werden. Eine Verlinkung zu den übrigen Modulen der Datenbank ist an jeder erforderlichen Stelle möglich, so dass z.B. aus einem allgemeinen Text über Erfahrungen mit flachfaserverstärktem Polypropylen direkt zu Anbietern oder entsprechenden Datenblättern im Kennwertmodul verwiesen werden kann.

4.3.2 Referenzbauteilmodul

Die Referenzdatenbank enthält eine Sammlung bereits realisierter Anwendungen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen. Der Nutzer kann hier nach Handelsprodukten, Polymeren und Faserarten, aber auch nach Bauteilfunktionen, Verarbeitungsverfahren oder Herstellern suchen. Die Referenzdatenbank kann damit ein sehr hilfreiches Werkzeug bei der Werkstoffauswahl sein, da geeignete Werkstoffkombinationen sehr schnell identifiziert werden können. Durch Links zu der Compound-, Faser- und der Marktdatenbank erhält der Nutzer einen direkten Zugang zu Kennwerten und Bezugsquellen. Die einfache Navigation und die bildliche Darstellung der Produkte lädt den Nutzer zum Stöbern ein. Ihm werden anschaulich die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieser Werkstoffe dargestellt, und er kann diese Informationen in die Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen einbringen. Compoundeure und Verarbeiter haben in der Einführungsphase der Datenbank die Möglichkeit ihre Produkte kostenlos einzustellen und somit einem großen Interessentenkreis zugänglich zu machen. Wegen der eindeutigen Verbindung zwischen realisierter Anwendung und dem eingesetzten Handelsprodukt wird der Interessent in diesem System sehr viel schneller und direkter zum Anbieter geführt als bei konventionellen Auswahlprozeduren.

Zur Füllung der Referenzdatenbank mit geeigneten bereits realisierten Bauteilen wurde ein einfach gehaltener Fragebogen entwickelt, mit dem die Bauteilinformationen mit Bild erfasst werden können. Zudem können in diesen Fragebogen die Herstellerangaben, Angaben zur Matrix und den eingesetzten Naturfasern sowie die Funktion des Bauteils eingetragen werden. Auf der Basis erster Rückläufe der Fragebögen, die an interessierte Firmen geschickt wurden, sowie eigener Recherchen konnte eine erste Sammlung von Bauteilen in die Referenzdatenbank eingetragen werden, so dass die Strukturen und Funktionen bereits darstellbar sind. Zusätzliche Bauteile können jederzeit in die Datenbank aufgenommen werden. Interessenten können den Fragebogen unter www.N-FibreBase.net anfordern. Unter dieser Adresse zur Homepage des Projektes ist die Referenzbauteilmoduldatenbank auch bereits verfügbar.

4.3.3 Literaturmodul

Das Literaturmodul will keine umfassende Literatursammlung sein. Es soll vielmehr dem interessierten Nutzer eine empfehlenswerte, übersichtliche Auswahl von weiterführender Literatur und Standardwerken zu allen in den Datenbanken behandelten Themenbereichen geben. Eine wichtige Eigenschaft der Literaturdatenbank ist die enge Verknüpfung mit den anderen Modulen, insbesondere mit dem Modul für Hintergrundwissen. Durch entsprechende Links kann der Nutzer eine Liste weiterführender Literatur abrufen, ohne sich selbst mit den komplexen Such- und Auswahlfunktionen einer Literaturrecherche auseinandersetzen zu müssen.

4.3.4 Beschaffungsmodul

Das Beschaffungsmodul wird in Kürze die wichtigsten Lieferanten mit vollständiger Adresse, dem Ansprechpartner, der Produktpalette und den Preisen für folgende (Zwischen-)Produkte enthalten:

- Naturfasern
- Naturfaserbändern
- Garne
- Technische Textilien (Vliese und Filze)
- NF-Granulate
- Verbundwerkstoffe (Formpressteile, Spritzguss)

Im Februar und März 2003 werden einige Hundert Unternehmen mit standardisierten Erfassungsbögen angeschrieben. Das Ergebnis der Auswertung des Rücklaufs wird in das Beschaffungsmodul der Datenbank eingetragen und dann auf der Projekt-Homepage kostenfrei verfügbar sein

5 Bestrebungen bei der Standardisierung von Kennwerten für Naturfasern

Wie bereits im Abschnitt 4.1.1 „Modul für Naturfasern“ beschrieben, kommt den Aspekten der Vergleichbarkeit von Messergebnissen, der Normung sowie der Standardisierung und Harmonisierung von Prüfverfahren eine entscheidende Bedeutung zu. Die Verwendung von Eigenschaftswerten aus einer Datenbank für die Berechnung von Verbundwerkstoffeigenschaften oder der Simulation von Verarbeitungseigenschaften macht nur dann Sinn, wenn sich die Datenerhebung und Bereitstellung auf vergleichbare und reproduzierbare Methoden bezieht. Darüber hinaus sind die Anforderungen an statistisch abgesicherte Werte vor allem bei der Prüfung von Naturfasern wegen einer größeren Schwankungsbreite der Eigenschaftswerte besonders hoch. Als Beispiel für die starke Abhängigkeit der erzielten Ergebnisse von sich ändernden Prüfbedingungen soll die gravimetrische Bastfaserfeinheitsprüfung angeführt werden. Wie Drieling et al. /14/ berichten, ist die gravimetrische Feinheitsprüfung nach DIN 53812 mit einem sehr geringen Geräte- aber hohem Prüfaufwand universell für sehr unterschiedliche Faserarten durchzuführen. Es konnte eine deutliche Abhängigkeit der gemessenen Feinheit von der gewählten Auskämm- und Schnittlänge festgestellt werden. Ein Vergleich von gravimetrisch bestimmten Feinheitswerten ist somit nur bei identischer Schnittlänge zulässig. Die Angabe der Schnittlänge bei der Veröffentlichung von gravimetrischen Feinheitswerten fehlt jedoch häufig.

Im Rahmen des Aufbaus der Datenbank sollen Vorschläge für eine einheitliche Prüfung von heimischen Pflanzenfasern zusammengestellt werden. Ein derartiges Vorgehen hat allerdings nur dann Sinn, wenn eine breite Akzeptanz für die vorgeschlagenen Methoden besteht. Aus diesem Grund findet seitens FIBRE bereits ein Austausch mit nationalen und internationalen Gremien und Organisationen statt. Als Beispiele sind hier der Austausch mit der Arbeitsgruppe Qualität des DNV (Deutscher Naturfaserverband) und dem Verband EIHA (European Industrial Hemp Association) zu nennen. Als wichtiges Instrument, das vom FIBRE für die Fasern Cotton und Wolle bereits weltweit mehrmals jährlich betreut wird, ist die Durchführung von internationalen Rundtests.

Insgesamt lässt sich resümieren, dass die notwendigen Standardisierungs- und Harmonisierungsmaßnahmen nicht durch den Aufbau der Datenbank abschließend bearbeitet werden können, allerdings stellen die Arbeiten notwendige Schritte auf dem Weg zu einer reproduzier- und vergleichbaren Datenbasis dar.

6 Ansätze zur Berechnung von Bauteilen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen

Ein wesentlicher Ansatz der Erarbeitung und der Etablierung der Datenbank ist die Bereitstellung von vergleichbaren und zuverlässigen Kennwerten. Der Datenbankbereich „Modul für Compounds“ soll dem Anwender entsprechend der bekannten CAMPUS Datenbank z.B. Eigenschaften kommerzieller, z.T. faserverstärkter Produkte zur Verfügung stellen.

Darüber hinaus soll dem Anwender ermöglicht werden, für Berechnungen und Simulationen Faserkennwerte aus der Datenbank zu erhalten. Häufig wird die Schwankungsbreite der Naturfasereigenschaft als Hindernisgrund für eine aussagekräftige Anwendung von Berechnungswerkzeugen für Naturfaserverbundwerkstoffe gesehen. Dass für Glasfaserverbundwerkstoffe entwickelte Berechnungsmodelle bei steifen Naturfasern wie z.B. Flachs zu aussagekräftigen Ergebnissen führen können, konnten Mieck et al. /23/ in ihren Arbeiten über flachsfaserverstärktes Polypropylen zeigen.

Für einen flachsfaserverstärkten Epoxid-Verbundwerkstoff zeigen nach Müssig /18/ die Werte aus den Zugversuchen an den Varianten der flor- und filzverstärkten Verbundwerkstoffe eine gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen mikromechanischer Berechnungsmodelle und experimentell ermittelten Werten. Bei der theoretischen Bestimmung der Eigenschaften naturfaserverstärkter Verbundwerkstoffe kommt der Ermittlung der notwendigen Fasereigenschaften eine große Bedeutung zu. Besondere Beachtung muss in diesem Zusammenhang die Bestimmung des Fasermoduls erfahren.

Bei den genannten Arbeiten handelt es sich um erste Ansätze, die zur Zeit durch umfangreiche, weiterführende Experimente verifiziert werden sollen. Insgesamt lassen die Ergebnisse jedoch den Wunsch nach berechenbaren Naturfaserverbundwerkstoffen realistischer erscheinen.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag schildert die Entwicklung der modularen Strukturen der Datenbank für naturfaserverstärkte Kunststoffe. Für einige der geplanten Module konnten bereits erste Softwarelösungen erstellt werden, die sich nach und nach in das Gesamtkonzept integrieren lassen. Die Füllung der einzelnen Module (z.B. des Moduls für Referenzbauteile) erfolgte dabei parallel zur Entwicklung der Strukturen. Interessenten und potentielle Teilnehmer an der Datenbank

können aktiv am Aufbau der Datenbank mitwirken. Eintragungen in die geschaffenen Datenbankstrukturen können teilweise bereits in der Entwicklungsphase erfolgen und sollen auch nach Ablauf der Projektlaufzeit möglich sein. Hierzu ist geplant, die Datenbank nach der Fertigstellung in ein kommerzielles System zu überführen, welches ohne weitere Förderung der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt wird. Als eine mögliche Finanzierungsmethode kommt die zukünftige Einbindung in ein kostenpflichtiges WEB-Portal in Frage.

8 Dank

Die Kennwertdatenbank mit dem Namen *N-FibreBase* wird im Rahmen des Verbundprojekts „Entwicklung einer Kennwertdatenbank für naturfaserverstärkte Werkstoffe aus heimischen nachwachsenden Rohstoffen“ von den Partnern Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), Aachen, M-Base Engineering + Software GmbH, Aachen, Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), Bremen und nova-Institut GmbH, Hürth entwickelt. Unter dem Förderkennzeichen 22004500 erhält das Projekt dankenswerterweise über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) finanzielle Unterstützung vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL).

9 Literatur

- /1/ Simor, P. 1959: *Untersuchungen der Bastfasern mittels Prüfgeräten*. Melliand Textilberichte, (ISSN 0025-8989), 40, 2/1959, S. 134 – 137
- /2/ Otto, R. / Rohs, W. 1969: *Objektive Bestimmung der Feinheit von Bastfasern durch Messung im Lufstrom*. Textilindustrie 71, 5/1969, S. 344 – 353
- /3/ Funder, A. 1972: *Die Qualitätsbeurteilung von Bastfasern mittels einer Bündelfestigkeitsprüfung*. textil praxis international, (ISSN 0040-4853), November 1972, S. 637 – 639
- /4/ Chesson, A. 1979: *A laboratory method for the determination of fibre content of linen flax*. N.Z. Journal of Agricultural Research, (ISSN 0028-8233), 22 (1979), S. 43 – 46
- /5/ Fischer, K. / Topf, W. 1988: *Entwicklung objektiver Qualitätskriterien für Flachs Teil 2: Textiltechnologische Untersuchungen*. Melliand Textilberichte, (ISSN 0025-8989), (12/1988), S. 858 – 861
- /6/ Kessler, R. W. / Blum, A. / Werner, G. 1988: *Entwicklung objektiver Qualitätskriterien für Flachs -- Teil 1: Chemische und morphologische Untersuchungen*. Melliand Textilberichte, (ISSN 0025-8989), (12/1988), S. 854 – 858
- /7/ Beckmann, A. / Gottschalk, H. / Scheer-Triebel, M. 1995: *Methodenbuch - Industriefaser Lein*. Arbeiten aus dem Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 18, 1. Auflage, Bonn 1995, (ISSN 0939-3048), Heyland, K.-U., Kromer, K.-H. (Hrsg.)
- /8/ Kohler, R. / Wedler, M. 1996: *Anwendung von Naturfasern in technischen Bereichen*. mittex, (ISSN 1015-5910), 3 / 1996, S. 7 - 10
- /9/ Rennebaum, H. / Hoyer, C. / Grimm, E. / Diepenbrock, W. 1997: *Morphologische Charakteristika des Ölleinstengels und mechanische Eigenschaften seiner Kurzfasern*. Interna-

- tionales VDI-MEG Kolloquium Nr. 22 (Bonn 6. - 7. August 1997). Kromer, K.-H. (Hrsg.): Erzeugung, Aufbereitung und Verarbeitung von Naturfasern für nichttextile Zwecke Bonn, 1997, 1. Auflage, (ISSN 0939-3048), S. 68 – 69
- /10/ Baetens, E. 1998: *Determination of the Fibre Fineness Distribution by Laserscan*. Tampere University of Technology (Veranst.): 1st Nordic Conference on Flax and Hemp Processing. (Tampere, Finnland August 1998), Tagungsband zum Symposium, (ISBN 952-15-0019-0), S. 81 – 89
- /11/ Beckmann, A. 1998: *Methoden zur Messung physikalischer Eigenschaften von Industriefaser-Lein (Flachs) und damit verstärkten Kunststoffen*. Dissertation an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Fakultät für Maschinenwesen, Aachen 1998, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) 326 (ISSN 0931-6264)
- /12/ IBRE 1999: *Probleme bei der Charakterisierung von Festigkeit, Feinheit und Länge von Bastfasern unter Berücksichtigung verschiedener Aufschlußverfahren*. Faserinstitut Bremen, Abschlussbericht / Forschungsvorhaben FK Textil e.V. / AiF 11083, 1999
- /13/ Martens, R. / Müssig, J. 1999: *Untersuchung der Qualitäten von Naturfasern - Hanf -*. In: Heier, L. / Léon, J. / Kromer, K.-H. (Hrsg.); Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Veranst.): Leistungs- und Qualitätspotential von Naturfasern zur technischen Verwendung (4. Bonner Naturfasertag) (Bonn 1999-08-10) 1. Auflage, Bonn: Eigenverlag, 1999 (Arbeiten aus dem Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 28) (ISSN 0939-3048), S. 56 – 65
- /14/ Drieling, A. / Bäumer, R. / Müssig, J. / Harig, H. 1999: *Möglichkeiten zur Charakterisierung von Festigkeit, Feinheit und Länge von Bastfasern*. Technische Textilien, Jahrgang 42, Heft 4, November 1999, p. 261-262 (and E66)
- /15/ Bos, H. L. / Donald, A. M. 1999: *In situ ESEM study of the deformation of elementary flax fibres*. Journal of Materials Science, (ISSN 0022-2461), 34 (1999), S. 3029 – 3034
- /16/ Drieling, A. / Harig, H. 2000: *Methoden zur reproduzierbaren Feinheitmessung an Bastfasern*. 6. internationaler Fachkongress für nachwachsende Rohstoffe, NAROSSA 2000 (Magdeburg 5. bis 6. Juni 2000), Tagungsband zum Symposium
- /17/ Sankari, H. S. 2000: *Comparison of bast fibre yield and mechanical fibre properties of hemp (Cannabis sativa L.) cultivars*. Industrial Crops and Products, (ISSN 0926-6690), 11, 2000, S. 73 – 84
- /18/ Müssig, J. 2001: *Untersuchung der Eignung heimischer Pflanzenfasern für die Herstellung von naturfaserverstärkten Duroplasten - vom Anbau zum Verbundwerkstoff -*. Düsseldorf, Germany: VDI Verlag GmbH, 2001, (Fortschritt-Bericht VDI, Reihe 5, Nr. 630), (ISBN 3-18-363005-2)
- /19/ Schmid, H. / Müssig, J. 2002: *Image Analysis by means of scanning technique for fast and cost efficient characterization of bast fibres*. In: Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (Hrsg. und Veranst.): Production, Processing and Use of Natural Fibres (Internationale Tagung) (Potsdam 2002-09-10 bis 2002-09-11) Potsdam-Bornim: Institut für Agrartechnik Bornim e.V., 2002 (Book of Abstracts, Bornimer Agrartechnische Berichte Heft 30) (ISSN 0947-7314), S. 48
- /20/ Nechwatal, A / Mieck, K.-P. / Reußmann, T. 2002: *Developments in the characterisation of natural fibre properties and in the use of natural fibres or composites*. In: Institut für

Agrartechnik Bornim e.V. (Hrsg. und Veranst.): Production, Processing and Use of Natural Fibres (Internationale Tagung) (Potsdam 2002-09-10 bis 2002-09-11) Potsdam-Bornim: Institut für Agrartechnik Bornim e.V., 2002 (CD-ROM zur Tagung)

- /21/ Müssig, J. 2001: *Neue technische Textilien aus heimischen Pflanzenfasern (Hanf und Nessel) (AiF 11918N)*. Bremen: Faserinstitut Bremen e.V. - FIBRE -, 2001 .- Autorenmanuskript, 98 Seiten
- /22/ Tüllmann, R. / Kurzknabe, R. / Sarabi, B. / Laumen, K. / Maurer, G / Baur, E. 2001: *CAMPUS - Weltstandard für Kunststoffdaten*, KU 91/10 S 58-63
- /23/ Mieck, K.-P. / Nechwatal, A. / Knobelsdorf, C. 1994: *Anwendungsmöglichkeiten von Naturfaserstoffen bei Verbundmaterial*. Melliand Textilberichte, (ISSN 0025-8989), 11/1994, S. 892 – 898
- /24/ Karus, M. / Kaup, M. 2001: *Naturfasereinsatz in der europäischen Automobilindustrie*. Technische Textilien, Jhrg. 44, 11/2001, S. 258-262
- /25/ Karus, M. / Kaup, M. 2002: *Natural Fibres in the European Automotive Industry*. Journal of Industrial Hemp, Volume 7, Number 1, 2002, S. 119-131
- /26/ Kaup, M., / Karus, M. / Ortmann, S. 2003: *Naturfasereinsatz in Verbundwerkstoffen in der deutschen und österreichischen Automobilindustrie – Status 2002, Analyse und Trends*. Noch nicht publiziert.