



Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)

Wir stellen Ihnen eine neue Werkstoff-Klasse vor

Die Broschüre zur gleichnamigen Präsentation

März 2006

Diese Präsentation wurde erstellt von:

nova-Institut GmbH, Hürth
(Marktforschung & Beratung im Bereich Nachwachsende Rohstoffe)

M-Base Engineering + Software GmbH, Aachen
(Ingenieurs- und Softwaredienstleistungen)

Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), Bremen
(F&E Fasern und Verbundwerkstoffe)

Scheben Scheurer und Partner GmbH, Hürth
(Kommunikationsdienstleistungen)

Impressum

Diese Broschüre wurde im Rahmen des Projektes „Road-Show Naturfaser-
verstärkte Kunststoffe (NFK) – Die ersten vier Besuche“ (FKZ: 22003205)
erstellt.

v.i.S.d.P.: Dipl.-Phys. Michael Karus, nova-Institut

nova-Institut GmbH
Goldenbergstraße 2
50354 Hürth

In Zusammenarbeit mit

M-Base Engineering+Software GmbH, Aachen

Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), Bremen

Scheben Scheurer & Partner GmbH (SSP), Hürth

Rohstowende – Was Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) schon heute können!

In Zeiten dauerhaft steigender Erdölpreise erreichen auch die Kunststoffe Preisniveaus, die die Frage nach Werkstoffalternativen aufwerfen. Besonders betroffen sind die bislang sehr preiswerten Massenkunststoffe wie Polypropylen (PP).

Steht die Industrie am Anfang einer „Rohstoffwende“? Viele Unternehmen der Kunststoffverarbeitenden Industrie sind bereits auf der Suche nach Erdöl-unabhängigen Werkstoffen.

Nachwachsende Rohstoffe können eine Alternative sein. Sie werden in vielfältiger Weise schon als Werkstoffe genutzt. Die Preise der Agrarrohstoffe sind stabil oder steigen marginal, ihre Verfügbarkeit ist dauerhaft gegeben, ihre Qualität hoch. Seit Beginn der 80er Jahre wurden in Europa und vor allem in Deutschland unzählige Projekte finanziert, um natürliche Rohstoffe in neuen, modernen Prozessketten zu hochwertigen Werkstoffen zu veredeln. Umfassendes technisches Know-how und Qualitätsmanagement stehen hierfür bereits zur Verfügung.

Diese Broschüre möchten Ihnen – vertiefend zur gleichnamigen Präsentation – eine neue Werkstoff-Klasse vorstellen, die bei Ihren zukünftigen Werkstoffentscheidungen Berücksichtigung finden sollte: Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK).

Massenkunststoffe wie Polypropylen (PP) können durch Naturfasern in ihren mechanischen Eigenschaften deutlich verbessert werden und teilweise sogar hochwertige Kunststoffe ersetzen.

Die technischen und ökonomischen Optionen, die Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) bieten, sind erst wenigen Branchen bewusst. Während die deutsche Automobilindustrie NFK-Werkstoffe bereits seit Jahren und in zunehmendem Maße in der Serienproduktion einsetzt, sind die neuen Werkstoffe anderen Branchen noch fremd.

Dies zu ändern, ist die Hauptmotivation vorliegender Präsentation und Broschüre.

Viel Spaß und Erkenntnisgewinn beim Lesen!

Dipl.-Phys. Michael Karus,
nova-Institut GmbH, Hürth

Dr. Erwin Baur,
M-Base Engineering+Software GmbH, Aachen

Dr. Jörg Müssig,
Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE), Bremen

Dr. Hans Scheurer,
Scheben Scheurer & Partner GmbH (SSP), Hürth



„Wir möchten Ihnen eine neue
Werkstoff-Klasse vorstellen, die bei
zukünftigen Materialentscheidungen
Berücksichtigung finden sollte:

Naturfaserverstärkte Kunststoffe“

Diese Präsentation wurde erstellt von:

- » nova-Institut GmbH
(Marktforschung & Beratung im Bereich
Nachwachsende Rohstoffe)
- » M-Base Engineering + Software GmbH
(Ingenieurs- und Softwaredienstleistungen)
- » Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE)
(F&E Fasern und Verbundwerkstoffe)
- » Scheben Scheurer & Partner GmbH
(Kommunikationsdienstleistungen)

Diese Präsentation wurde gefördert von:

- » Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
mit Mitteln des
- » Bundesministeriums für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

Kurzvorstellung der Projektpartner

nova-Institut für Ökologie und Innovation

Die nova-Institut GmbH (www.nova-institut.de/nr) wurde 1994 als privates und unabhängiges Institut gegründet und ist international im Bereich der Industrie- und Politikberatung tätig. Aktuell arbeiten 20 Angestellte und externe Mitarbeiter in vier Fachabteilungen. Die Abteilung „Nachwachsende Rohstoffe (NR)“ betreibt vor allem Marktforschung, Ökonomische Analysen, Machbarkeitsstudien und Marketing-Support, ist in Projektentwicklung und -management tätig und hat umfassende, technische Experten-Netzwerke aufgebaut. Weiterhin entwickelt und betreibt das nova-Institut Content-Management-Systeme und Informations-Portale (www.nachwachsende-rohstoffe.info).

M-Base Engineering + Software GmbH

Die M-Base Engineering + Software GmbH wurde 1993 gegründet. Das Team besteht aus 30 Mitarbeitern, Ingenieuren und Softwareentwicklern zu jeweils gleichen Teilen. Mit über 20 Jahren an Erfahrung in der Entwicklung von Werkstoffdatenbanken und werkstoffbezogener Konstruktionssoftware hat sich M-Base spezialisiert auf das Thema Werkstoffdaten. Der Name M-Base Engineering + Software ist Programm und reflektiert die Philosophie, dass

gute Werkstoffdatenbanken nur mit einem hohen Maß an Engineering Know-how geschaffen werden können, um die beste Kombination von High-End-Software mit technischen Inhalten zu realisieren.

M-Base ist seit mehreren Jahren im Bereich Naturfaserverstärkte Kunststoffe tätig und betreibt das Internetportal www.N-FibreBase.net, das Materialkennwerte und weitergehende, konstruktionsrelevante Informationen über NFK bereit stellt.

Faserinstitut Bremen e.V.

Das Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE) bietet ganzheitliche Forschungs- und Entwicklungsleistungen rund um das Thema Fasern, textile Halbzeuge und Faserverbundwerkstoffe. Im Vordergrund stehen die Prüfung, Weiterentwicklung und Verarbeitung von Werkstoffen, Prozessen und Produkten unter Anwendung neuester Methoden und Erkenntnisse aus der Forschung. Darüber hinaus bietet das FIBRE mit dem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Prüfzentrum und mit dem nach EMAS II zertifizierten Umweltmanagementsystem geprüfte Kompetenz mit System. Sowohl für Auftragsarbeiten als auch in der Zusammenarbeit im Rahmen von Forschungsprojekten wird das FIBRE-Know-how als

Erfolgsfaktor genutzt und geschätzt. Namhafte Automobilzulieferer sowie zahlreiche Unternehmen der Textil- und Luftfahrtindustrie bestätigen dies durch eine intensive und langjährige Geschäftspartnerschaft in den vier Kompetenzfeldern

- » Faser- und faserproduktorientierte Prüfmetho-
den
- » Faserverbund Struktur- und Verfahrensent-
wicklung
- » Naturnahe Werkstoffe/Nachhaltigkeit – NW/N
- » Faserentwicklung/-Bionik

Scheben Scheurer & Partner Agentur für Kommunikation GmbH

Scheben Scheurer & Partner bietet Full Service bei allen Kommunikationsaufgaben: von der Beratung und Konzeption über die Medienarbeit und Corporate Publishing bis hin zur Werbung und Dialogkommunikation. SSP gehört laut Qualitätsranking der Universität Münster zu den zehn besten Agenturen in Deutschland. Seit über 25 Jahren betreut SSP Wirtschaftsunternehmen, Verbände und Ministerien. Flache Hierarchien und eine gelebtes Qualitätsmanagement sichern eine reibungslose Umsetzung und die Erreichung evaluierbarer Ziele. (www.ssp-kk.de)



Hohes technisches
Substitutions-
potenzial

Zunehmende
Preisattraktivität

Ökologische Vorteile

Hohe Versorgungs-
sicherheit (Rohstoffe)

Sichere Qualität



Hohes
Wachstumspotenzial

Potenzieller
Wettbewerbsvorteil

Warum sind naturfaserverstärkte
Kunststoffe so interessant?

Warum sind naturfaserverstärkte Kunststoffe so interessant?

Hohes technisches Substitutionspotenzial

Naturfaserverstärkte Kunststoffe zeigen gegenüber heute üblichen Werkstoffen – Kunststoffen, gefüllten und verstärkten Kunststoffen – interessante Vorteile.

Mehrere dieser neuen Verfahren und Werkstoffe sind erst in den letzten Jahren marktreif geworden bzw. aktuell in der Markteinführung. Andere werden in bestimmten Branchen wie z.B. der deutschen Automobilindustrie bereits seit Jahren und in zunehmendem Maße eingesetzt.

Aufgrund ihrer guten technischen und ökonomischen Eigenschaften besitzen sie ein großes Substitutionspotenzial – schon heute bieten sie Wettbewerbsvorteile insbesondere bei Anwendungen, welche die Eigenschaften konventioneller Kunststoffe wie PC/ABS und PP-GF nicht ausschöpfen. Oftmals lässt sich z.B. ein teures PC/ABS-Teil durch ein günstigeres PP-NF-Teil ersetzen.

Zunehmende Preisattraktivität

In Szenarien mit hohen Rohölpreisen oder hoher Wertschätzung ökologischer Vorteile (z.B. durch staatliche Regularien) nehmen die Wettbewerbs-

vorteile dieser teilweise naturbasierten Werkstoffen geradezu „zwingende“ Ausmaße an.

Aber auch heute eignen sich diese Werkstoffe schon durch konkurrenzfähige Preise und gesicherte Qualität für den Alltagseinsatz.

Ökologische Vorteile

Werkstoffe auf der Basis Nachwachsender Rohstoffe benötigen für Ihre Produktion meist deutlich weniger Energie als andere Werkstoffe und weisen zudem – selbst bei Verbrennung nach ihrem Einsatz – einen weitgehend neutralen CO₂-Kreislauf auf.

Der geringere Energieeinsatz macht sie wiederum unabhängiger vom Erdölpreis.

Durch ihre geringe Dichte eignen sich die meisten Naturfaserverstärkten Kunststoffe für den Leichtbau und sparen damit, z.B. beim Automobil, in der Praxis zusätzlich Energie.

Hohe Versorgungssicherheit (Rohstoffe)

Nachwachsende Rohstoffe werden schon heute in ganz erheblichem Maße stofflich und auch werkstofflich genutzt. Weltweit liegt der Einsatz

Nachwachsender Rohstoffe hier höher als die gesamte Stahl- und Kunststoffproduktion! Zudem bestehen noch erhebliche Potenziale zum Ausbau dieser unendlichen Ressource. Da Nachwachsende Rohstoffe und auch speziell Naturfasern auf allen Kontinenten dieser Erde produziert werden können, besteht eine hohe Versorgungssicherheit.

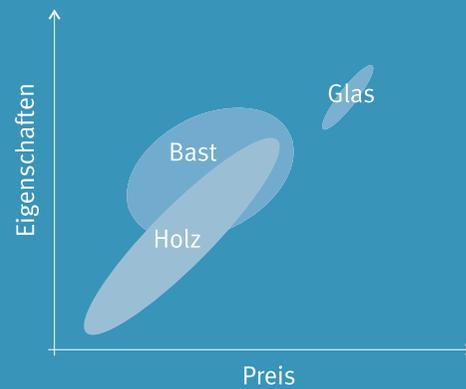
Sichere Qualität

Eine Vielzahl von Projekten hat sich in den letzten Jahren nicht nur mit der Entwicklung neuer Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen beschäftigt, sondern vor allem auch um das Qualitätsmanagement vom Acker bis zum Endprodukt. Hier liegen bereits erhebliche Erfahrungen vor.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



»Natur- und Glasfasern im Vergleich



Holzfasern:

»Zu Holzmehl und Holzfasern aufgeschlossene Holzrohstoffe

Bast- und Blattfasern:

»Aus eigens zur Faserproduktion angebauten Pflanzen, wie Flachs, Hanf, Jute, Kenaf, Sisal und Abaca.

Natur- und Glasfasern im Vergleich

Verstärkungsfasern werden seit langem eingesetzt, um die Eigenschaften von Kunststoffen zu verbessern. Im Vergleich zu den Glasfasern zeichnen sich die Naturfasern insbesondere durch den niedrigeren Preis und die geringere Dichte aus. Die spezifischen Eigenschaften reichen bis an die von Glasfasern heran, können aber nicht immer ganz deren Niveau erreichen.

Innerhalb der Naturfasern wird zwischen Holz- und Bastfasern unterschieden. Holzmehl und -fasern stammen in der Regel aus Holznebenprodukten, wie z.B. Hobelspänen. Diese Nebenprodukte haben zunächst nur geringe Eigenschaften, sind dafür aber extrem preiswert. Durch Veredelungsschritte können ihre Eigenschaften erheblich verbessert werden, was sich auf die Preise allerdings entsprechend auswirkt.

Holzfaserverstärkte Kunststoffe haben hier ein besonders breites technisches und ökonomisches Eigenschaftsprofil und eignen sich daher für viele unterschiedliche Einsatzgebiete.

Bastfasern weisen in der Regel ein im Vergleich zu Holzfasern besseres Eigenschaftsprofil bei allerdings auch höherem Preis auf. Sie werden vor allem eingesetzt, wenn höherwertige, konstruktive Werkstoffe gefragt sind.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Viele erfolgreiche Serienanwendungen
verschiedenster Verarbeitungsverfahren

- »Formpressen » Türverkleidung
- »Extrusion » Terrassendielen
- »Spritzguss » Sitzretainer
- »Fließpressen » Unterboden

Viele erfolgreiche Serienanwendungen verschiedenster Verarbeitungsverfahren

Bauteile aus Naturfaserverstärkten Kunststoffen werden schon heute in den verschiedensten Verarbeitungsverfahren hergestellt.

In den letzten Jahren kamen hauptsächlich Press- und Extrusionsverfahren zum Einsatz. Die Anwendungen bestanden insbesondere in Verkleidungsteilen für den automobilen Innenraum (holz- und bastfaserverstärkte Thermo- und Duroplaste) sowie Terrassenbeplankungen (Holzmehlgefüllte Thermoplaste).

Inzwischen stehen aber auch qualitativ hochwertige Spritzgussgranulate zur Verfügung. Erstes Serienbauteil im Automobil ist hier ein Sitzhaken, der mit der gepressten NFK-Sitzschale verschweißt wird.

Darüber hinaus gibt es bereits zahlreiche nicht automobiler Anwendungen wie Schleifscheiben, CD-Trays, Fensterrahmen, Spielzeug etc., die zum Teil auch schon in Serie produziert werden.

Die erste Serien-Außenanwendung mit NFK im Automobil wurde mit Hilfe der Fließpresstechnik realisiert.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Definition NFK-Formpressen

- » Ein Vlies oder Filz wird in das offene Werkzeug eingebracht. Die Formgebung erfolgt beim Schließen des Werkzeugs durch Drapierung. Großflächige, relativ flache Bauteile in mittelgroßen Stückzahlen können wirtschaftlich im Formpressverfahren hergestellt werden.
- » Beim Formpressen sind sowohl duro- als auch thermoplastische Matrizes gebräuchlich.



Hohes technisches Substitutionspotenzial



Typische NFK Formpress-Anwendungen

- » Türverkleidungen
- » Hutablagen
- » Dachhimmel
- » Kofferraumverkleidung
- » Potenzielle Anwendung: Akten- und Reisekoffer



Hohes technisches Substitutionspotenzial



Vorteile NFK-Formpressen

- » Geringeres Bauteilgewicht
- » Sehr gute Kaschierbarkeit
- » Gutes Crashverhalten durch geringe Splitterneigung
- » Geringer Werkzeugpreis
- » Besonders gutes thermisches Verhalten der NFK-Duroplaste
- » Gute mechanische Eigenschaften (Steifigkeit und Festigkeit)



NFK-Formpressen

Hinsichtlich der Verarbeitung Naturfaserverstärkter Kunststoffe (NFK) zählt das Formpressen zu den wichtigsten Verfahren. NFK-Formpressteile können sowohl mit thermoplastischer als auch duroplastischer Matrix produziert werden.

Beim duroplastischen Formpressen wird ein Nadelfilz aus 100 % Naturfasern, oftmals aus Mischungen unterschiedlicher Naturfasern, mit einem duroplastischen Harzsystem besprüht oder getränkt und anschließend im Formpressverfahren zum Bauteil umgeformt.

Aufgrund des höheren Marktanteils des thermoplastischen Formpressens, soll dieses Verfahren im Folgenden näher erläutert werden.

Hier werden überwiegend Filze als Halbzeuge eingesetzt, bei denen zunächst Natur- und Polymerfasern miteinander vermischt, verkrempt und anschließend mechanisch verfestigt werden. Der Vorteil solcher Hybridfilze gegenüber anderen Halbzeugen besteht in einer weitgehend homogenen Durchmischung von Polymer- und Verstärkungsfaser sowie einer einfachen Handhabbarkeit.

Die Halbzeuge werden zunächst durch Erwärmung außerhalb des eigentlichen Formwerkzeuges plastifiziert und damit wärmeformbar gemacht. Die erforderliche Vorheiztemperatur hängt vor allem vom eingesetzten Matrixpolymer ab. Für Polypropylen sind Temperaturen von 200 bis 250 °C erforderlich. Anschließend wird die erwärmte Formmasse in einem zweiten Teilschritt (Formgebung) im Formwerkzeug zum Formteil umgeformt. Beim Formpressen ist der Zuschnitt dabei in etwa so groß wie die Abwicklung des Formteils. Beim Schließen des Werkzeugs wird der Werkstoff verdichtet und geformt, größere Fließvorgänge finden aber nicht statt. Die Umformung wird von gleichzeitigem Abkühlen begleitet, welches zum Erstarren der Formmasse führt.

Die werkstofflichen Unterschiede zwischen Glas- und Naturfasern sind vor allem im Hinblick auf ihr thermisches Verhalten erheblich. Aufgrund ihres natürlichen Ursprungs reagieren Naturfasern im Vergleich zu Glasfasern gegenüber thermischer Einwirkung viel empfindlicher. Bei der Festlegung der Verarbeitungsparameter muss also einerseits die grundsätzliche Verarbeitbarkeit des Werkstoffes gewährleistet sein, andererseits jedoch eine thermische Schädigung so weit wie möglich ausgeschlossen werden. Somit erfordert das Vorheizen von NFK eine weitaus

sensiblere und schonendere Temperaturführung als bei glasfaserverstärkten Thermoplasten.

Das Formpressen ist wirtschaftlich insbesondere für mittelgroße Stückzahlen (bis ca. 100.000 Stck./Jahr) und großflächige Bauteile interessant, da die Werkzeugkosten deutlich günstiger als beim Spritzgießen ausfallen. Dem Trend der Automobilhersteller, eine Vielzahl von Nischenmodellen anzubieten, kommt daher das Formpressverfahren entgegen.

Nebst dem wirtschaftlichen Aspekt zeichnen sich die formgepressten NFK-Bauteile durch interessante Eigenschaften aus. Die formgepressten Naturfaserbauteile profitieren insbesondere von der geringen Dichte der Naturfasern. Da in der Fertigung üblicherweise bestimmte Bauteilstärken nicht unterschritten werden, auch wenn die mechanischen Anforderungen dies eigentlich zuließen, kommt dieser Eigenschaft speziell bei den großflächigen Bauteilen eine beträchtliche Bedeutung zu.

Darüber hinaus sind die NFK-Bauteile durch die beim Formpressverfahren kontrollierbare Porosität in gewissem Maße luftdurchlässig. Dies führt zu einer sehr guten Kaschierbarkeit der NFK-Pressbauteile. Zu guter Letzt sei hier noch die geringe Splitterneigung der Bauteile erwähnt.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Definition NFK-Fließpressen



- »Die Formmasse wird in das offene Werkzeug eingebracht. Die Formgebung erfolgt nach Schließen des Werkzeugs durch Fließen der Formmasse. Das Fließpressen unterscheidet sich vom Formpressen durch erhöhte Gestaltungsfreiheit, aber auch höhere Investitionen.
- »Es kommen sowohl duroplastische Formmassen (Karosserie) als auch thermoplastische Formmassen (Unterboden, Innenraum) zum Einsatz.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Vorteile NFK-Fließpressen

- »Keine Abrasion bei Direktverarbeitung
- »Geringerer Verzug als PP-GF
- »Geringere Dichte als PP-GF und UP-GF
- »Preisvorteil
- »Bessere mechanische Werte als Spritzgießteile

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Realisierte NFK-Fließpress-Anwendungen

- »Die bisher einzige Serienanwendung von NFK-Fließpressen ist ein Abaca-verstärkter Unterboden der DaimlerChrysler A-Klasse. Das Bauteil hat sich bewährt und wird bei weiteren Varianten der A-Klasse und auch B-Klasse eingesetzt werden.
- »Seit Dezember 2005 Test eines PTP-HANF-SMC Karosserieteils an einem Bus der Braunschweiger Stadtwerke.

NFK-Fließpressen

Sheet-Moulding-Compounds (SMC) werden im Fließpressverfahren aus flächigen, reaktionsharz imprägnierten Fasergelegen erzeugt. In der Regel werden dabei Glasfasern eingesetzt. Für den Bauteilhersteller bietet das Verfahren den Vorteil, dass ein komplett mit Reaktionsharz, Härter, Verstärkungsfasern und Füllstoffen ausgestattetes Halbzeug bezogen und direkt weiterverarbeitet werden kann. Weiterhin besteht die Möglichkeit neben Duroplasten auch Thermoplaste im Fließpressverfahren einzusetzen.

Beim Fließpressen sind die Zuschnitte im Gegensatz zum Formpressen kleiner als das Formteil. Erst beim Schließen des Werkzeugs wird unter Druck und Temperatur die Kavität vollständig gefüllt. Es kommt dabei zu ausgeprägten Fließvorgängen der Faser/Kunststoffmasse im Werkzeug. Dies ermöglicht eine im Vergleich zum Formpressen größere Gestaltungsfreiheit. Aufgrund der höheren Verarbeitungsdrücke sind die Investitionskosten aber auch höher als beim Formpressen. Im Vergleich zum Spritzgießen zeichnen sich Formpressteile durch bessere mechanische Eigenschaften aus, die sich aus den längeren erreichbaren Faserlängen ergeben.

Beim Fließpressen glasfaserverstärkter Kunststoffe finden sowohl thermoplastische und duroplastische Halbzeuge (GMT, SMC) als auch direktverarbeitete Plastifikate Verwendung (LFT).

Das erste im Fließpressverfahren hergestellte Serienbauteil aus naturfaserverstärkten Kunststoffen wird im LFT Verfahren hergestellt. Dieses ist für Naturfasern insbesondere wegen der geringeren thermischen Belastung dem GMT Verfahren vorzuziehen.

Bei duroplastischen Matrices lassen sich die Halbzeuge hingegen ohne thermische Belastung herstellen. Inzwischen wird erstmalig ein Prototyp-Karosseriebauteil aus einem hanffaserverstärktem duroplastischen Harzsystem auf der Basis von Pflanzenöl in einem Außenteil für einen Bus eingesetzt. Das im SMC-Verfahren hergestellte Bauteil basiert vollständig auf nachwachsenden Rohstoffen.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Definition Spritzguss



- »Die im Plastifizierer verflüssigte Formmasse wird in ein Werkzeug eingespritzt, welches Form und Oberflächenstruktur des fertigen Teils bestimmt.
- »Der Einsatz ist am wirtschaftlichsten bei großen Stückzahlen, komplexen Bauteilen und Präzisionsbauteilen.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Vorteile NFK-Spritzguss



- »Geringer Verzug
- »Gute Temperaturwechselbeständigkeit
- »Niedrige Verarbeitungstemperatur
 - Geringer Energiebedarf
 - Geringe Zykluszeit
 - Geringe Textilschädigung beim Hinterspritzen
- »Keine Abrasion

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Realisierte NFK-Spritzguss-Bauteile



- »Messflansch
- »Schleifscheibe
- »Lüfterrotor
- »Sitzretainer

Spritzgießen

Das Spritzgießen ist das für thermoplastisch verarbeitbare Kunststoffe bei weitem wichtigste Verfahren zur Herstellung von Formteilen. Fertigteile von weniger als 1 mg bis zu mehr als 10 kg können mit Zykluszeiten von Sekunden bis zu mehreren Minuten mit einem Minimum an Nachbearbeitungsaufwand hergestellt werden. Die rieselfähige Formmasse wird in Form von Granulat – oder seltener von Pulver – über einen Massetrichter der rotierenden und beheizten Schnecke zugeführt. Die Formmasse wird während der Beförderung zur Schnecken Spitze durch die Wärme und Friktion aufgeschmolzen. Vor der Schnecken Spitze bildet sich dann ein Polster aufgeschmolzener Masse, welches die Schnecke wieder rückwärts schiebt. Wenn das so erzeugte Massepolster zur Erstellung des Formteils ausreicht, wird die Schneckenrotation gestoppt, die Schnecke vorgeschoben und dabei die Schmelze in ein üblicherweise temperiertes Werkzeug gedrückt.

Der sich aufbauende Druck beträgt mehrere 100 bar und wird bis zur Erstarrung der Schmelze im Werkzeug bzw. bis zum Versiegeln des Angusspunktes im Werkzeug aufrechterhalten. Der so erzeugte Spritzling wird dem anschließend geöffneten Werkzeug entnommen bzw. mit Auswerferstiften bzw. -platten oder Druckluft ausgestoßen.

Aufgrund des hohen Aufwandes für Maschine und Werkzeug kommt das Spritzgussverfahren insbesondere bei sehr großen Stückzahlen und sehr komplexen oder präzisen Bauteilen zum Einsatz.

NFK-Spritzguss

Seit einiger Zeit sind auch Naturfaserverstärkte Spritzgießgranulate kommerziell erhältlich. Im Moment wird dabei hauptsächlich Polypropylen als Matrix verwendet. Aufgrund der Sensibilität der Naturfasern gegenüber Wärmeeinwirkung werden diese bei sehr niedrigen Temperaturen von 175–190 °C verarbeitet. Dies bringt neben möglichen Problemen mit der Fließfähigkeit allerdings auch folgende Vorteile mit sich:

- » geringer Energiebedarf
- » geringe Zykluszeit
- » geringe Textilschädigung beim Hinterspritzen

Die Bauteile zeichnen sich darüber hinaus durch geringe Verzugsneigung und gute Temperaturwechselbeständigkeit aus. Im Gegensatz zu glasfaserverstärkten Materialien gibt es keine Probleme mit Abrasion und starker Anisotropie der Bauteile.

Bisher werden erst relativ wenige Naturfaserverstärkte Spritzgussbauteile in Serie gefertigt. Dies sind z.B. CD Hüllen, Automobilkleinteile und Schleifscheibenrücken.

Dies liegt sicherlich daran, dass die Granulate erst seit relativ kurzer Zeit in größeren Mengen zur Verfügung stehen. Die Anzahl der sich in Entwicklung befindlichen Bauteile ist bereits weit aus größer.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Definition Extrusion

»Die Formmasse wird durch innere Reibung und mittels Heizung im Extruder aufgeschmolzen und homogenisiert und dann durch ein formgebendes Werkzeug kontinuierlich ausgetragen.

»Herstellung von Profilen, Rohren, Platten, ...



Hohes technisches Substitutionspotenzial



Typische Anwendungen für WPC-Extrusion

- »Terrassenbelag
- »Fußleisten
- »Wandverkleidung
- »Regal



Hohes technisches Substitutionspotenzial



Vorteile Wood-Plastic-Composites WPC-Extrusion

- »Keine Abrasion
- »Preiswerter und preisstabiler Füllstoff Holz
- »Neue Einsatzgebiete durch
 - geringen Preis des Füllstoffs
 - holznahe Anmutung und Haptik



Extrusion

Unter Extrudieren wird das kontinuierliche Aufschmelzen von Kunststoff-Formmassen und Austragen durch eine formgebende Düse mit anschließender Abkühlung zur Herstellung von Halbzeugen wie Profilen, Platten oder Folien verstanden. Es können Ausstoßleistungen von mehr als 1.000 kg/h erreicht werden. Als Rohstoff kommen Kunststoffe in Granulatform, als Pulver oder auch als Mischungsrezeptur in Frage, da viele Extrusionseinrichtungen auch Compoundieraufgaben übernehmen können. Zum Aufbereiten der Schmelze und zum Druckaufbau gibt es verschiedene Verfahren und Extruderbauformen.

Wood-Plastic-Composites (WPC)

Im Bereich der Naturfaserverstärkten Kunststoffe ist das Extrusionsverfahren vor allem für Holzmehl- und Holzfaserverstärkte Thermoplaste relevant. Aus diesem WPC werden zurzeit in Nordamerika und Japan sehr große Mengen (>750.000 t/Jahr) an Terrassendielen („deckings“) und Fassadenbauteilen hergestellt. Der Holzanteil kann bei extrudierten WPCs über 80 % liegen!

In Deutschland hat diese Produktgruppe bis heute noch keine große Relevanz, hat in den letzten Jahren aber durch große Wachstumsraten von sich Reden gemacht.

WPC zeichnet sich vor allem durch den niedrigen Preis in Zusammenhang mit recht guter Steifigkeit aus. Es ist möglich, die Produkte mit einer holzähnliche Optik und Haptik auszurüsten und zielt damit eher auf Anwendungen, für die bisher traditionelle Holzwerkstoffe (dampfdruckimprägniertes Holz oder Tropenholz) verwendet wurden.



„Was macht das hohe technische Substitutionspotenzial von NFK aus?“

NFK im Vergleich mit anderen Werkstoffen

- »Höhere Steifigkeit und Festigkeit als unverstärkte Polymere
- »Geringe Splitterneigung
- »Gegenüber unverstärkten Polymeren erhöhte Einsatztemperatur und gute Temperaturwechselbeständigkeit
- »Niedrigere Dichte als glasfaserverstärkte Polymere
- »Einsatz im Lebensmittelbereich im Gegensatz zur Glasverstärkung möglich
- »Keine Abrasion



„Was macht das hohe technische Substitutionspotenzial von NFK aus?“

NFK im Vergleich mit anderen Werkstoffen

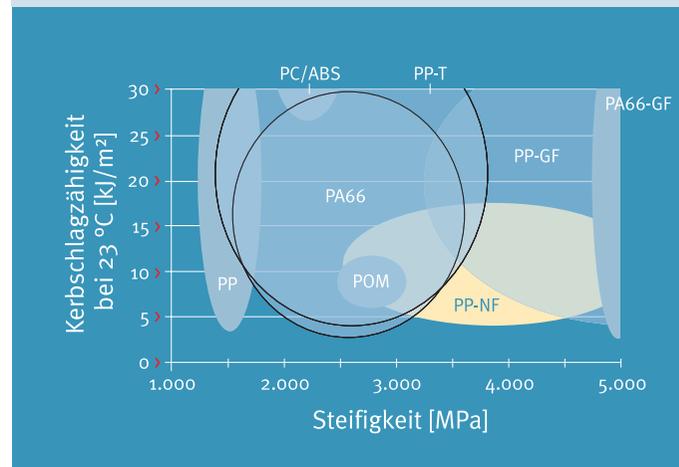
- »Sehr geringe Schwindung bei niedrigem Preis
- »Einfache Verbindung mit anderen PP-basierten Bauteilen
- »Gute akustische Eigenschaften
- »Im Gegensatz zu PC/ABS keine Störgeräusche (Kontaktquietschen)

NFK im Vergleich mit anderen Werkstoffen

Auch wenn es eine Vielzahl an Verfahren und Werkstoffen gibt, die unter NFK zusammengefasst werden, so weisen doch alle NFK tendenziell einige gemeinsame Eigenschaften auf. Dies sind:

- » Höhere Steifigkeit und Festigkeit als unverstärkte Polymere. Während alle NFK stark verbesserten Steifigkeiten zeigen, ergeben sich gute Festigkeiten vor allem für schlanke Naturfasern, wie entsprechend aufgeschlossene Bastfasern.
 - » Die NFK-Werkstoffe neigen zu einer geringen Splitterneigung. Dies gilt im Automobilbau vor allem für Bast- und Blattfaserverstärkte Bauteile, die auch beim Unfall keine scharfen Kanten bilden.
 - » NFK-Werkstoffe zeigen gegenüber unverstärkten Polymeren eine erhöhte Einsatztemperatur und eine gute Temperaturwechselbeständigkeit. Auch bei tiefen Temperaturen treten Vorteile auf, da die Naturfasern auch bei Kälte nicht spröde werden.
 - » Insbesondere gegenüber Glasfaserverstärkten Werkstoffen haben NFK eine niedrigere Dichte, keine Abrasion und sie dürfen auch im Lebensmittelbereich eingesetzt werden.
- » NFK-Bauteile weisen eine sehr geringe Schwindung bei niedrigem Preis auf. Dies ermöglicht, teure Spezialkunststoffe wie PC/ABS durch PP-NF zu ersetzen. Im Gegensatz zu PC-ABS treten zudem keine Störgeräusche (Kontaktquietschen) auf.
 - » PP-NF-Bauteile können ohne Kleber durch einfaches Heißkleben mit anderen PP-basierten Bauteilen verbunden werden.
 - » NFK haben gute akustische Eigenschaften.
 - » NFK verfügen über gute Dämpfungseigenschaften

Hohes technisches Substitutionspotenzial



PP-NF im Vergleich mit anderen Werkstoffen – Mechanische Eigenschaften

- » Deutliche Steifigkeitserhöhung durch Naturfasern
- » Steifigkeitsniveau zwischen Füllstoffen (Talkum) und Verstärkungsfasern (Glas)
- » Keine hohen Schlagzähigkeiten möglich

PP-NF im Vergleich mit anderen Werkstoffen – Mechanische Eigenschaften

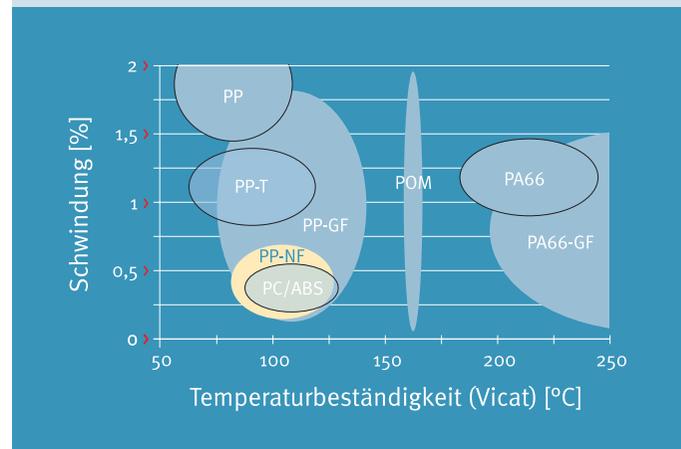
Das Diagramm zeigt die Kerbschlagzähigkeit über der Steifigkeit für verschiedene verstärkte und unverstärkte Thermoplaste.

Naturfasern führen wie z.B. auch Glasfasern zu einem deutlichen Anstieg der Steifigkeit. Die NFK können dabei in Punkto Steifigkeit mit einigen glasfaserverstärkten Compounds gleicher Matrix konkurrieren, können aber die maximalen mit Glasfaserverstärkung möglichen Werte nicht erreichen. Es lassen sich jedoch höhere Steifigkeiten erzielen als mit Füllstoffen wie z.B. Talkum.

Es wird aber auch die im Vergleich zu anderen Füll- und Verstärkungsstoffen relativ niedrige Kerbschlagzähigkeit aufgezeigt, die durch entsprechende Modifikation verbessert werden kann. Die Möglichkeiten sind insbesondere durch ökonomische Rahmenbedingungen zurzeit noch begrenzt.

In Kombination mit der relativ großen Steifigkeit führt dies zu einem recht spröden Materialverhalten. Dies ist bei der Wahl der Anwendungen auf jeden Fall zu beachten.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



PP-NF im Vergleich mit anderen Werkstoffen – Thermisches Verhalten

- » Erhöhung der Einsatztemperatur durch Naturfaserverstärkung
- » Einsatztemperatur über PP-T, PP-GF kann fast erreicht werden
- » Ausgesprochen gutes Schwindungsverhalten auf dem Niveau von PC/ABS
- » Im Gegensatz zu Glasfaserverstärkung nahezu isotrope Schwindung

PP-NF im Vergleich mit anderen Werkstoffen – Thermisches Verhalten

Wie für Füll- und Verstärkungsstoffe üblich, so steigt auch für Naturfaserverstärktes PP die Einsatztemperatur gegenüber dem unverstärkten Werkstoff an. Die NFK liegen dabei über den Werten von PP-T, erreichen jedoch nicht ganz die von PP-GF.

Ein sehr positives Verhalten zeigen die NFK im Hinblick auf die Schwindungswerte. Hier ist eine deutliche Verringerung der Schwindung im Vergleich zu unverstärktem PP zu verzeichnen. Zwar weisen auch einzelne Messwerte des PP-GF ähnlich niedrige Schwindungswerte auf, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass diese nur an stark anisotropen Proben gemessen werden, die senkrecht dazu extrem große Schwindungswerte aufweisen. Dies führt in der Praxis zu großen Verzugsproblemen. Die NFK zeigen hingegen ein recht isotropes Schwindungsverhalten.

Das Diagramm zeigt sehr deutlich die Eignung von PP-NF als Substitut für PC/ABS, wenn es insbesondere auf die Maßhaltigkeit ankommt. Die geforderten Einsatztemperaturen des PC/ABS können dabei vom PP-NF ebenfalls erreicht werden. Es sind schon mehrere Prototypen im automobilen Innenraum bekannt, bei denen diese Substitution erfolgt oder angedacht ist.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



Mögliche zukünftige Anwendungsgebiete



- »Elektrische Bauteile
- »Maschinen- und Gerätegehäuse
- »Motorraumteile
- »Büromaterial
- »Behälter/Verpackungen
- »Paletten
- »Fensterrahmen

Mögliche zukünftige Anwendungsgebiete

So unterschiedlich die verschiedenen NFK-Werkstoffe sind, so unterschiedlich sind auch ihre zukünftigen Anwendungen. Leistung und Kosten steigen auch bei diesen NFK parallel.

Hochgefüllte WPC-Extrusionsteile sind nur für Bauteile mit konstantem Querschnitt und mäßigen mechanischen Belastungen geeignet. Prinzipiell können diese als Holzersatz mit besser definierbarem Querschnitt betrachtet werden. Decking (Außendielen), Stangen, Tischbeine und Fensterrahmen sind gute Anhaltspunkte für mögliche Anwendungen.

WPC-Spritzguss mit Holzfaserverstärkung ist ebenfalls und auch in Kleinserie möglich – hierbei ist der Übergang zu Bast- und Blattfaserverstärkten Kunststoffen derart fließend, dass die möglichen Anwendungen weitgehend identisch sind.

Die Naturfaserverstärkten Kunststoffe (PP-NF) sind in ihren Festigkeiten PP-T überlegen und können dabei auch die Werte von bis zu PP-GF 30 (beste PP-NF-Varianten) erreichen. Schwindung und Temperaturbeständigkeit können bei gleichzeitig größerer Festigkeit identisch zu PC/ABS sein.

Die prozesstechnischen Eigenschaften (insbesondere bezüglich Verzug) können zudem dem PC/ABS so angeglichen werden, dass PP-NF dieses in diversen Anwendungen ersetzen kann. Dem entsprechend ergibt sich für PP-NF ein sehr breites Einsatzspektrum – immer dann, wenn der optische Effekt des unkaschierten PP-NF nicht stört bzw. nicht wahrnehmbar ist, ist die Verwendbarkeit wie bei einem Standardkunststoff gegeben.

Im Bereich der Anwendungen wie Elektronikgehäuse, Küchengeräte, Plastikkörbe, Griffe, Büromaterial, ergibt sich ein Substitutionspotenzial durch PP-NF, wenn kein Hochleistungscompound in Sinne starker PP-GF und CFK vonnöten ist.

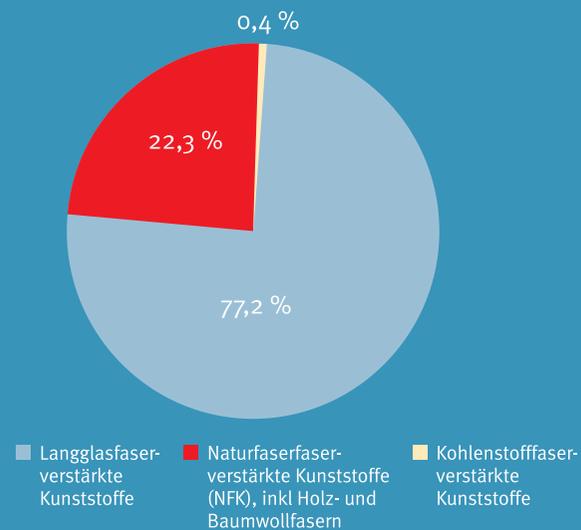
Mit steigender Anforderung an die Qualität und Leistungsfähigkeit der Bauteile steigt auch die Nachfrage nach nachvollziehbaren Qualitäten und einem Qualitätsmanagement sowie dem Bedarf nach reproduzierbar ermittelten Kennwerten und Werkstoffdaten. Ein Beitrag in diese Richtung wurde mit dem Aufbau der internetbasierten Datenbank www.N-FibreBase.net realisiert. Nach ersten Erkenntnissen lassen sich die mechanischen Eigenschaften von spritzgegossenen Flachs/Polypropylen-Verbundwerkstoffen auf der

Basis physikalisch exakt ermittelter Faser- und Matrixeigenschaften vorher berechnen. Diese Entwicklungen werden Naturfaserverbundwerkstoffe zukünftig noch interessanter machen und dazu führen, dass der innovative Einsatz von Naturfasern sowohl hinsichtlich neuer Anwendungen, als auch hinsichtlich anderer Verfahren zu erwarten ist. Vor dem Hintergrund aktueller Produktionskapazitäten wird dabei unter anderem den Fließpressverfahren wie LFT oder SMC eine besondere Bedeutung zukommen.

Hohes technisches Substitutionspotenzial



»Europäische Produktion ausgewählter faserverstärkter Kunststoffe in 2004 (inkl. aller WPC)



Unterschätzte Bedeutung der NFK

»Naturfaserverstärkte Kunststoffe sind ein unterschätztes Massenprodukt. Die technischen Entwicklungen der vergangenen Jahre geben ihnen ein noch größeres Potenzial als nur mit Formpressen im Automobilbau.

Unterschätzte Bedeutung der NFK

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) haben bereits einen erheblichen Anteil am Markt für faserverstärkte Kunststoffe in Europa.

Es hat sicher mehrere Gründe, warum dies bisher weitgehend unbeachtet blieb:

- » NFK werden zum weit überwiegenden Teil nur in der Automobilindustrie eingesetzt und hier vor allem in der deutschen Automobilindustrie.
- » Sie werden (bislang) zum weit überwiegenden Teil in dem wenig verbreiteten Formpressverfahren produziert.
- » Es wird nur in marginalen Mengen NFK-Granulat gehandelt. Beim Formpressverfahren wird stattdessen als Vorprodukt ein Vlies oder Filz aus Naturfasern oder einem Naturfaser-Polypropylenfaser-Gemisch verwendet.

Dadurch sind die NFK von den üblichen Kunststoffmärkten faktisch abgesetzt, sie sind (noch) nicht im Angebot der großen Compoundeure.

Der große Marktanteil zeigt aber, wie bewährt diese Werkstoffe sind und wie viel Know-how bereits existiert. NFK-Verfahren sind so weit entwickelt, dass der Einsatz dieser Materialien in anderen Branchen in naher Zukunft folgen wird.

Zunehmende Preisattraktivität



»Preisentwicklung von Rohöl seit 2003



Rohölpreis

- »Die Preisentwicklung bei Rohöl in der EU hat zu Recht bei vielen Unternehmen zu einer Überprüfung der eigenen Rohstoffbasis geführt.
- »Ohne den dämpfenden Effekt des in den letzten Jahren erstarkten Euro wären die Preissteigerungen für Rohöl im Euro-Raum noch deutlicher ausgefallen.

Rohölpreis

Der Rohölpreis ist in den vergangenen Jahren erheblich angestiegen, wobei ein kurz nach seiner Einführung schwacher Euro sich im dargestellten Zeitraum gegenüber dem Dollar behauptet hat. Dies hat für den Euro-Raum die Ölpreissteigerungen relativ abgemildert.

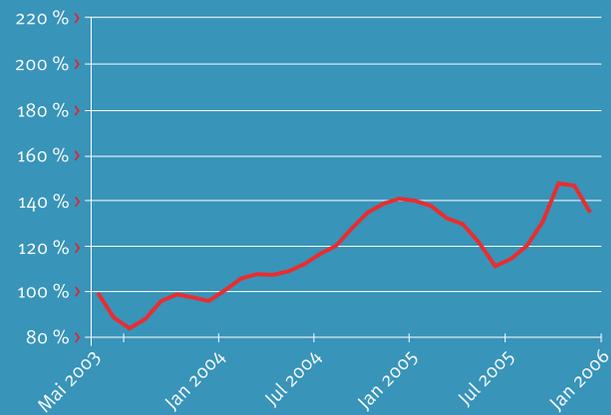
Rohöl und das preislich gekoppelte Erdgas sind sowohl als stofflicher wie auch als energetischer Input in der Kunststoffproduktion von großer Bedeutung.

Durch einen hohen Rohölkostenanteil am Kunststoffpreis kann mittelfristig stets damit gerechnet werden, dass Änderungen des Rohölpreises von der Kunststoff-produzierenden Industrie an ihre Kunden weitergegeben werden.

Zunehmende Preisattraktivität



»Preisentwicklung von Standard-Thermoplasten
seit 2003



Kunststoffpreise

- »Die Preissteigerungen waren besonders für Unternehmen mit langfristigen Lieferverpflichtungen und geringen Margen hart.
- »Standard- und technische Thermoplaste hatten eine sehr ähnliche Preisentwicklung.

Kunststoffpreise

Die Preisentwicklung der Standard-Thermoplaste zeigt erhebliche Preissteigerungen und Preisschwankungen, welche auch den Produzenten Probleme bereiten. Die relative Entwicklung ist allerdings nicht so extrem wie beim Rohöl. Dies liegt zum Teil auch daran, dass die Kunststoffproduzenten die Steigerung ihrer Produktionskosten nicht in vollem Umfang an ihre Kunden weitergeben konnten, sondern ihre Margen reduzieren mussten.

Die Preisentwicklung bei den Standard-Thermoplasten war auch nicht allein durch die Rohölpreisentwicklung bedingt, sondern auch stark von hoher Nachfrage, geringen Reservekapazitäten und seit Herbst 2004 sogar von mehreren zeitweiligen Kapazitätsausfällen geprägt.

Bei langfristigen Planungen kann weder mit stabilen noch mit stagnierenden Ölpreisen gerechnet werden. Für Unternehmen mit langfristigen Lieferverpflichtungen und hohen Anteilen von Kunststoffen in ihren Produkten (z.B. Systemzulieferer der Automobilindustrie, die sog. „Tier-One“), ist die Ölpreisunsicherheit besonders problematisch.

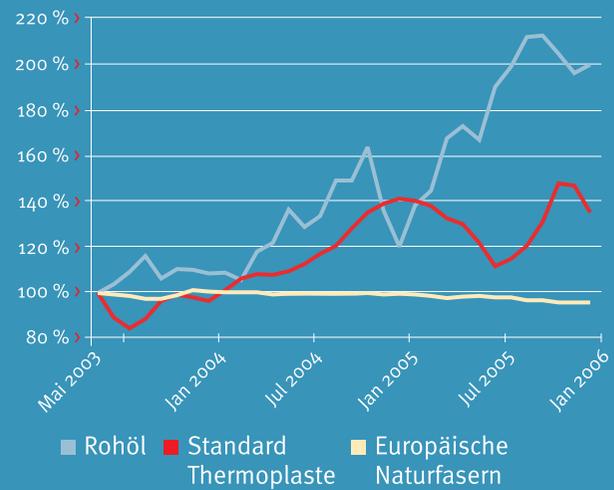
Einmal gefällte Werkstoffentscheidungen können über mehr als zehn Jahre wirken – ohne dass bei laufenden Verträgen auf Kunststoffpreissteigerungen reagiert werden könnte.

Dies hat dazu geführt, dass sich viele Unternehmen zunehmend für Roh- und Werkstoffe interessieren, die nicht oder nur geringfügig vom Erdölpreis abhängen.

Zunehmende Preisattraktivität



»Preisentwicklung von Rohöl, Standard-Thermoplasten und europäischen Naturfasern seit 2003



Naturfaserpreise im Vergleich

»Im Vergleich zu Erdöl und Standard-Thermoplasten haben technische Naturfasern ein sehr stabiles Preisniveau.

Naturfaserpreise im Vergleich

Neben den jüngeren Preishistorien von Ölwirtschaft und Kunststoffherstellung erscheint der Naturfasersektor als ein Hort der Preisstabilität.

Der Preisdruck durch exotische Naturfasern, allen voran Jute, hat dazu geführt, dass sich die Preise für europäische Naturfasern nicht einmal der allgemeinen Inflation entsprechend entwickelt haben.

Nach den Erfahrungen der Vergangenheit werden bei zukünftigen Investitionen voraussichtlich nur größere Faseraufschlusslinien errichtet, von denen eine höhere Wirtschaftlichkeit als bisher erwartet werden kann.

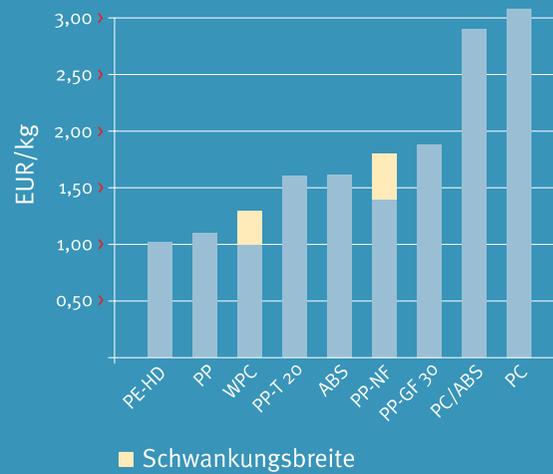
Auf den globalen Märkten ist in den letzten Jahren aufgrund der gestiegenen Nachfrage aus China sowie der anziehenden Kunststoffpreise auch ein Anstieg der Naturfaserpreise zu verzeichnen. Dieser erfolgt aber moderater als die Anstiege bei Kunststoffen.

Aufgrund der genannten Entwicklungen ist zu erwarten, dass auch die europäischen Naturfasern in den nächsten Jahren teurer werden – allerdings werden die Preissteigerungen stets unter denen von Erdöl-basierten Kunststoffen liegen.

Zunehmende Preisattraktivität



»NFK Granulate sind zu marktfähigen Preisen verfügbar



Granulatpreise

- »NFK und WPC (Wood-Plastic Composites) sortieren sich entsprechend ihrer mechanischen Eigenschaften in das Preisgefüge ein.
- »Es ist jeweils zu bedenken, dass für die Darstellung nur die realen Preise von noch geringen NFK-Produktionsmengen verwendet wurden.

Granulatpreise

Im Vergleich zu typischen Kunststoffpreisen ordnen sich sogar die oberen Bereiche der PP-NF- und WPC-Preise in etwa analog ihren mechanischen Eigenschaften in das Preisgefüge am Kunststoffmarkt ein. Und dass, obwohl bis heute noch recht geringe Mengen der neuen Werkstoffe produziert werden.

Interessant ist hier der Vergleich von PP-NF mit PC/ABS, ein Vergleich, der aufgrund der Erfahrungen am Markt, der guten Wärmeformbeständigkeit und des Verzugsverhaltens von PP-NF, nahe liegt. Hier ist eine Substitution preislich sehr attraktiv.

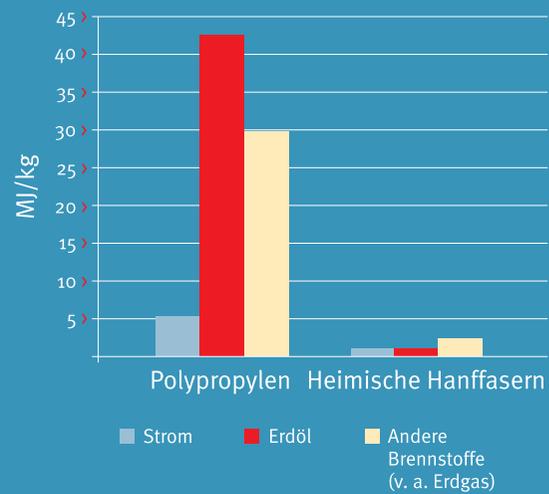
Änderungen des Rohölpreises haben auf PP-NF, WPC und NFK-Compounds mit ihren nicht rohöl-basierten Komponenten einen deutlich geringeren Einfluss als auf die Kunststoffpreise.

Granulate in Extrusionsqualität sind erheblich günstiger. Thermoplaste für WPC-Anwendungen werden mit bis zu 80 % mit Holzmehl gefüllt. Es tritt damit allerdings nicht in Konkurrenz zu etablierten Spritzgießgranulaten.

Zunehmende Preisattraktivität



»Einsatz an fossilen Rohstoffen und Strom



Unabhängigkeit vom Öl

»Die Produktion von Naturfasern ist bemerkenswert unabhängig vom Rohöl- und Erdgasverbrauch. Je größer der Gewichtsanteil der Naturfasern, desto weniger Einfluss hat der Ölpreis auf den Verbundwerkstoff-Preis mittels stofflichen und energetischen Inputs.

Unabhängigkeit vom Öl

Die Produktion von Naturfasern, hier am Beispiel Hanf in Deutschland, ist erheblich weniger energieintensiv als die Produktion von Polypropylen, einem Kunststoff, der im Vergleich zu anderen Kunststoffen noch relativ günstige Werte aufweist.

Zur Produktion von Naturfasern müssen nur vergleichsweise geringen Mengen an Energie und anderen fossilen Rohstoffen eingesetzt werden. Die primäre Energiequelle ist die von der Pflanze genutzte Sonnenenergie.

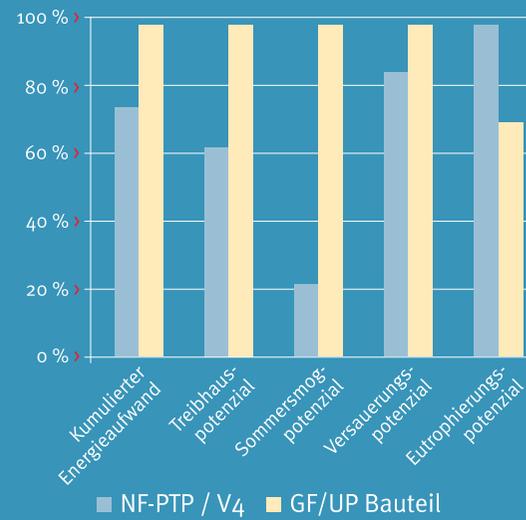
Dementsprechend marginal fällt der direkte Einfluss des Ölpreises auf die Naturfaserpreise aus.

Wesentliche Energielasten entstehen bei der Naturfaserproduktion durch die Düngemittelherstellung, Aussaat und Ernte (Traktor), LKW-Transporte sowie Faseraufschluss.

Ökologische Vorteile



»Glas/Polyester versus Naturfaser/PTP



Überlegene Ökobilanz beim Fließpressen



Überlegene Ökobilanz beim Fließpressen

SMC-Karosseriebauteil aus Pflanzenöl und Naturfasern im Praxistest

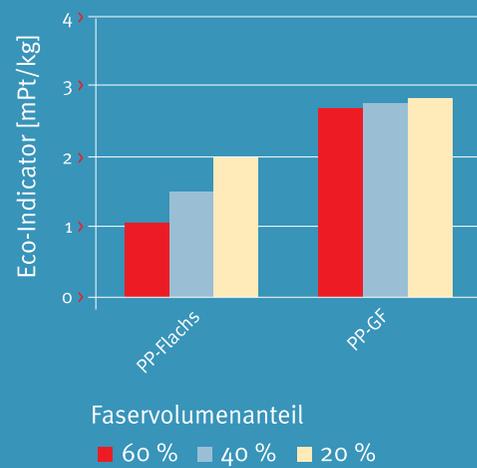
Der umweltfreundliche Werkstoff aus Hanffasern und einem Spezialharz auf der Basis von Pflanzenölen und Kohlehydraten bietet ein innovatives Werkstoffkonzept an, das in einem bedeutenden Segment der Kunststoffverarbeitung für den technisch anspruchsvolleren Bereich eine nachhaltige Alternative darstellt. Dabei kommt das Sheet-Moulding-Compound-Verfahren (SMC) zum Einsatz. Die erstellte ökobilanzielle Bewertung zeigt die Umweltwirkungen auf, die von dem Stoßbügel-Mittelteil auf Basis nachwachsender Rohstoffe im Vergleich zum herkömmlich verwendeten Produktsystem aus glasfaserverstärktem Polyesterharz ausgehen. Die Ergebnisse für das entwickelte Werkstoffsystem Hanffaser/PTP® zeigen in der Summe signifikant geringere Umweltwirkungen und belegen damit den Beitrag zum Umweltschutz durch die Verwendung derartiger Werkstoffe.

Ökologische Vorteile



Überlegene Ökobilanz beim Spritzgießen

»Eco-Indicator von Faserverbundwerkstoffen



Überlegende Ökobilanz beim Spritzgießen

Eco-Indicator von Faserverbundwerkstoffen, Glasfaser versus Flachsfaser

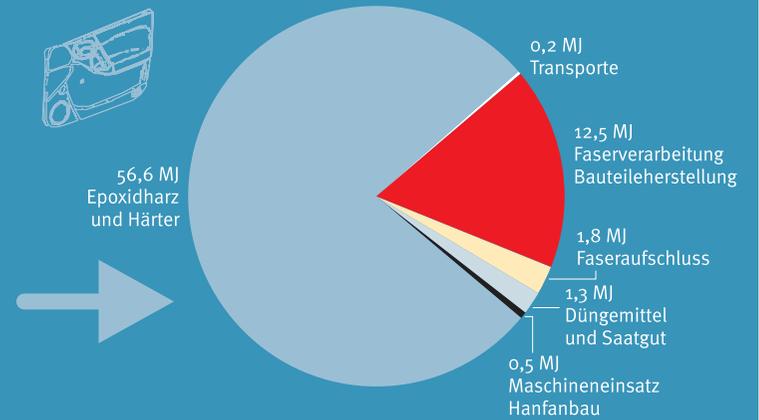
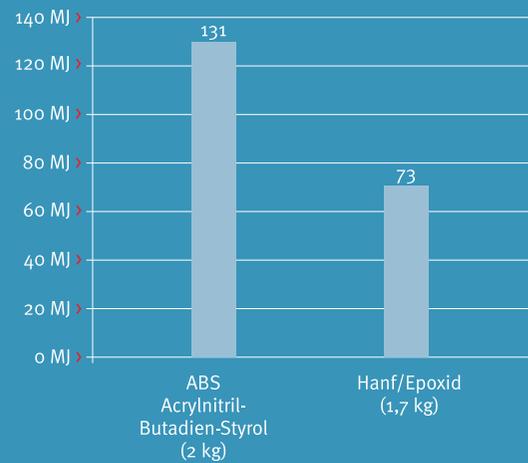
Einen erheblichen Einfluss auf den Eco-Indicator hat die Wahl des Polymers (EP > UP > PP).

Durch den Einsatz höherer Faseranteile lassen sich die Umweltwirkungen deutlich reduzieren. Flachsfasern zeigen so natürlicherweise positivere Wirkungen auf den Eco-Indicator als Glasfasern.

Ökologische Vorteile



»Kumulierter Energieaufwand für eine formgepresste Türinnenverkleidung



Kumulierter Energieaufwand für eine formgepresste Türinnenverkleidung

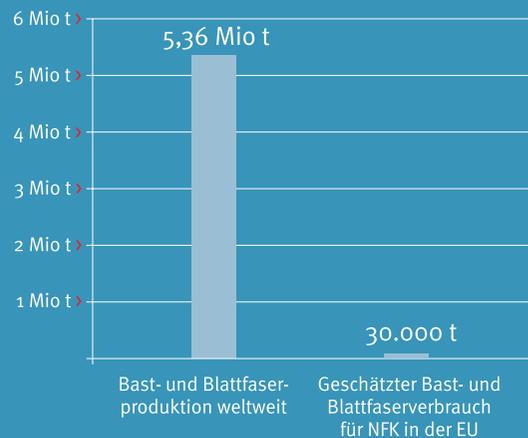
Bei der vergleichenden Lebensweganalyse eines Trägerwerkstoffs für ein Verkleidungsbauteil aus einem Hanfnadelfilz-verstärkten Epoxidharz und aus ABS-Spritzguss fallen – ausgedrückt durch den kumulierten Energieaufwand für die Bauteilherstellung – die deutlichen Vorteile der Kombination aus Hanffasern und Epoxidharz gegenüber der ABS-Variante ins Auge.

Den größten Beitrag zum kumulierten Energieaufwand beim Hanffaserbauteil hat das Epoxidharzsystem.

Hohe Versorgungssicherheit



»Es werden jährlich viel mehr Bast- und Blattfasern produziert als für NFK verbraucht...



Naturfasern sind reichlich verfügbar

- »Nur ein sehr geringer Anteil der Weltproduktion von Bast- und Blattfasern wird für technische Anwendungen verbraucht.
- »Textile Anwendungen dominieren den Naturfaserverbrauch.
- »Im Falle einer vervielfachten Nachfrage nach technischen Naturfasern wäre eine ausreichende Rohstoffversorgung gesichert.

Naturfasern sind reichlich verfügbar

Bast- und Blattfasern, also alle wesentlichen Naturfasern außer Baumwolle und Holz, werden heute überwiegend für andere Anwendungen produziert als für NFK. Wichtige Anwendungen sind textile Verpackungen (Säcke für Lebensmittel), Seile, Teppiche, Metall-Poliermittel, Textilien und vieles mehr.

Einer verstärkten Nachfrage aus dem NFK-Bereich wäre somit leicht nachzukommen. Aufgrund des bestehenden Know-hows in Anbau und Verarbeitung kann die Produktion an technischen Naturfasern erhöht werden.

Den größten Anteil der dargestellten Produktion haben Jutefasern, welche in weit größerer Menge für textile Anwendungen im Verpackungs- und Textilbereich produziert werden. Faserhändler aus Übersee setzen aber durchaus einen Teil ihrer Zukunftshoffnungen auf verstärkte technische Anwendungen. Sie sehen diese als interessante neue Märkte an.

Hohe Versorgungssicherheit



Von der Pflanze zum Bauteil



Hanffeld



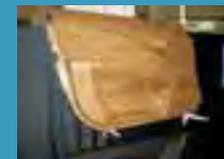
Hanfernte



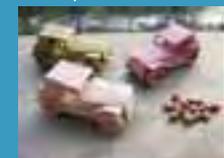
Feldröste



Hanffasern



Formpressteil



Spritzgießteil



Fließpressteil

Von der Pflanze zum Bauteil

Naturfasern werden insbesondere aus den Faserpflanzen Flachs, Hanf, Jute, Kenaf und Sisal gewonnen. Bis auf Sisal handelt es sich dabei um einjährige Pflanzen, die im Fruchtwechsel mit anderen Pflanzen angebaut werden.

Wichtigste heimische Faserpflanze ist der Hanf. In der EU sind spezielle Hanfsorten für die industrielle Nutzung zugelassen. Nach der Aussaat Mitte April bis Mitte Mai wachsen die Pflanzen bis auf eine Höhe von 2 bis 4 m und werden im Spätsommer mit modernen landwirtschaftlichem Gerät geerntet.

Das Stroh bleibt für zwei bis vier Wochen zur Röste auf dem Feld liegen, wo die natürlichen Binder (Pektine und Lignine) bereits teilweise biologisch abgebaut werden. Dies erleichtert das mechanische Aufschließen der Stängel in Fasern und holzartige Schäben in der Faseraufschlussanlage.

Stroh und aufgeschlossene Hanffasern können bei entsprechender, trockener Lagerung ohne Qualitätsverlust über Jahre gelagert werden, was die Liefersicherheit mehrjähriger Verträge trotz unterschiedlich guter Anbaujahre gewährleistet.

Es gibt in Deutschland mehrere industrielle Hanffaseraufschlussanlagen, um die sich der Hanfanbau räumlich konzentriert.

Der Fasergehalt des Hanfstrohs liegt bei rund 25 %, bei einem typischen Ertrag von 6 t/ha Hanfstroh werden daher 1,5 t Hanffasern plus Kuppelprodukte je Hektar gewonnen.

Hohe Versorgungssicherheit



»Bast- und Blattfaserproduktion weltweit



Bast- und Blattfaserproduktion weltweit 5,4 Mio t (nach Angaben der FAO 2005)

- »2.860.000 t, Jute
v.a. Indien, Bangladesch
- »931.000 t, Kokosfaser
v.a. Indien, Vietnam, Sri Lanka
- »782.000 t, Flachs
v.a. China, Europa, Russland, Weißrussland
- »403.000 t, Jute-ähnliche Fasern
v.a. Indien, Bangladesch, China, Thailand
- »314.000 t, Sisal
v.a. Brasilien, Ostafrika
- »66.000 t, Hanf
v.a. China, Europa

Bast- und Blattfaserproduktion weltweit

Die Abhängigkeit des Rohölpreises und -angebotes von den Geschehnissen am Persischen Golf ist allgemein bekannt – doch wie sieht es bei den Naturfasern aus?

Eine Vielzahl von unterschiedlichen Faserpflanzen, die ein weitgehend ähnliches technisches Anwendungsspektrum aufweisen, lässt sich in ganz unterschiedlichen Klimabedingungen anbauen und so findet ein signifikanter Naturfaseranbau praktisch in der gesamten Welt statt.

Damit sind Versorgungssicherheit und Preise von Naturfasern weitgehend unabhängig von regionalen politisch-wirtschaftlichen Krisen.

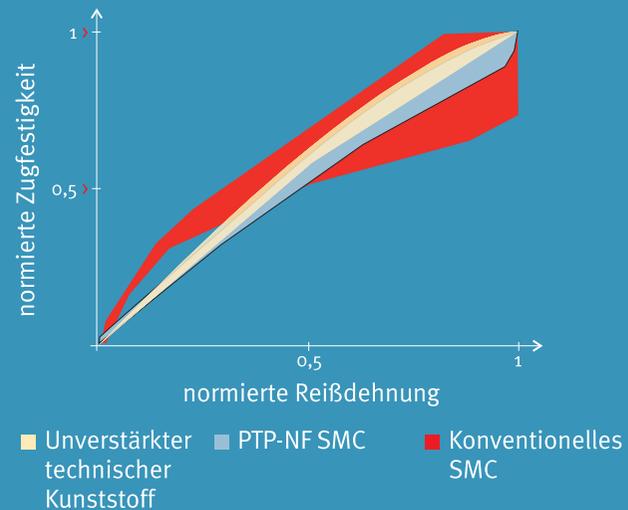
Multinationale Konzerne wie die DaimlerChrysler AG nutzen zum Teil vorzugsweise regionale Naturfasern für ihre Produktion und finden praktisch überall eine geeignete heimische Faser vor.

Der Wert der fertig aufbereiteten Naturfasern ist bezogen auf Gewicht und Masse zudem so groß, dass sich schon seit vielen Jahren der Import von Naturfasern aus aller Welt für die Produktion von Formpressteilen lohnt.

Sichere Qualität



»Streuung mechanischer Eigenschaften



Homogene mechanische Eigenschaften

»Naturfaserverstärkten Kunststoffen wird oft die starke Streuung ihrer Eigenschaften vorgeworfen. Eine Gegenüberstellung zeigt aber, dass die Streuung der NFK nicht über das von konventionellen Werkstoffen bekannte Maß hinausgeht.

Homogene mechanische Eigenschaften

Naturfasern und naturfaserverstärkten Kunststoffen wird oft die starke Streuung der Eigenschaften vorgeworfen. Durch ein geeignetes Qualitätsmanagement lassen sich diese Schwankungen deutlich vermindern.

Als Beispiel kann hier das Qualitätsmanagement von Faseraufschlussbetrieben genannt werden, welches unter anderen folgende Randbedingungen beachtet:

- » Standortauswahl
- » Organisation und Durchführung aller Produktionsstufen von der Aussaat bis zum Aufschluss
- » Qualitätskontrolle des Ernteguts
- » Kontrolle und Kennzeichnung der Hanfballen (Stängel und aufgeschlossene Fasern).

Die Praxis zeigt, dass eine konstante und witterungsunabhängige Faserqualität aus unterschiedlichen Erntejahren zu erzielen ist, wenn ein entsprechendes Qualitätsmanagement aufgebaut wird. Dies führt auch zu geringen Schwankungen der hergestellten NFK.

Das Diagramm zeigt normiert die Streuungen eines technischen Thermoplasts, eines naturfaserverstärkten Pflanzenölharz-SMCs und eines konventionellen SMCs. Es zeigt sich, dass der Naturfaserwerkstoff hierbei nicht negativ abfällt – im Gegenteil.

Sichere Qualität

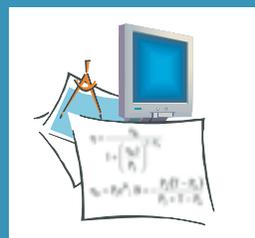


Konstruktionsmethoden NFK

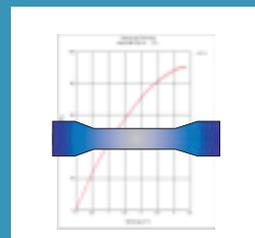
»Forschungsprojekt „Erstellen von Konstruktionsregelwerken für das Spritzgießen und Formpressen von NFK“ (in Vorbereitung) offen für Kooperation

Werkstoffdaten

»www.N-FibreBase.net



Methode



Werkstoffdaten



Konstruktionsergebnis

Konstruktionsmethoden bei NFK

Bei der Entwicklung von Bauteilen verwendet der Konstrukteur verschiedenste Methoden. Diese reichen von der einfachsten Formel, wie dem Hookschen Gesetz, bis hin zu komplexen Simulationsprogrammen.

Alle diese Methoden benötigen Werkstoffdaten. Die Güte dieser Daten hat, genauso wie die Wahl der richtigen Methode, entscheidenden Einfluss auf die Qualität des Ergebnisses.

Dieses gilt genau so auch für Naturfaserverstärkte Kunststoffe. Die Problematik fehlender Werkstoffdaten wurde hier schon vor einigen Jahren in einem Forschungsprojekt thematisiert. Unter www.N-FibreBase.net sind seitdem entsprechende Daten verfügbar.

Die Problematik der Konstruktionsmethoden wird zurzeit in dem Projekt „Erstellen von Konstruktionsregelwerken für das Spritzgießen und Formpressen von NFK“ umfassend behandelt. Nähere Informationen hierzu finden sich ebenfalls unter www.N-FibreBase.net.

Sichere Qualität



www.N-FibreBase.net



- »Werkstoffkennwerte
- »Referenzanwendungen
- »Hintergrundinformationen
- »Marktinformationen
- »Konferenzen, Seminare

- »Freier Zugang

Materialdaten: N-FibreBase

Die Plattform www.N-FibreBase.net versteht sich über die Werkstoffdatenbank hinaus als umfassendes Informationsportal zum Thema NFK und WPC. Sie bietet auf den Internetseiten auch Marktinformationen und Literatur, etc. an. Darüber hinaus werden Seminare und Konferenzen angekündigt. Bei N-FibreBase stehen damit alle wichtigen Informationen und Daten über Naturfaserverstärkte Kunststoffe kostenlos zur Verfügung.

Um den Nutzern die unterschiedlichen Aspekte dieser Werkstofffamilie möglichst übersichtlich und benutzerfreundlich zu präsentieren, wurde ein modulares System mehrerer Datenbanken erstellt.

Die Compound-Datenbank beinhaltet dabei die Kennwerte von Kunststoffen und Compounds duro- und thermoplastischer Polymere aus fossilen und nachwachsenden Rohstoffen und Naturfasern.

Die Faser-Datenbank enthält neben den für die Simulation und Berechnung benötigten Kennwerten auch Fasereigenschaften, die dem Vergleich und der Qualitätsbeurteilung der Fasern dienen.

Im Modul Hintergrundwissen werden neben grundsätzlichen Informationen zu Naturfasern auch leicht verständliche Darstellungen der üblichen Verarbeitungsverfahren zur Verfügung gestellt. Die präsentierten Informationen enthalten im Wesentlichen grundlegende Texte und Bilder, anhand derer sich der Nutzer einen guten Überblick über die Themenkomplexe verschaffen kann.

Die Literatur-Datenbank dient dazu, dem interessierten Nutzer eine empfehlenswerte und übersichtliche Auswahl an weiterführender Literatur und Standardwerken zu allen behandelten Themenbereichen zu geben.

Die Referenz-Datenbank enthält eine Sammlung bereits realisierter Anwendungen aus Naturfaserverstärkten Kunststoffen. Die einfache Navigation und die bildliche Darstellung der Produkte laden den Nutzer zum Stöbern ein. Auf anschauliche Weise werden hier die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieser Werkstoffe dargestellt, und diese Informationen lassen sich in die Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen einbringen.

Die Markt-Datenbank enthält Lieferanten mit vollständiger Adresse incl. Ansprechpartner sowie die Produktpalette und Richtpreise für folgende (Zwischen-)Produkte: Naturfasern, -bänder; Garne; Technische Textilien; NF-Granulate; Verbundwerkstoffe.

Durch Links zu der Compound-, Faser- und Marktdatenbank erhält der Nutzer einen direkten Zugang zu Kennwerten und Bezugsquellen.

Anbieter, die Informationen zu ihren Produkten über N-FibreBase kostenfrei mitteilen und verbreiten möchten, finden unter www.N-FibreBase.net nähere Informationen über die erforderlichen Schritte.

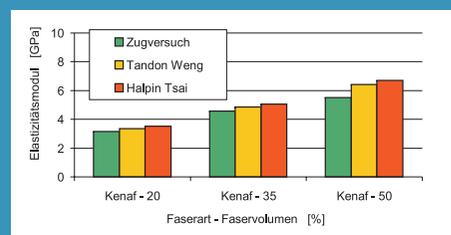
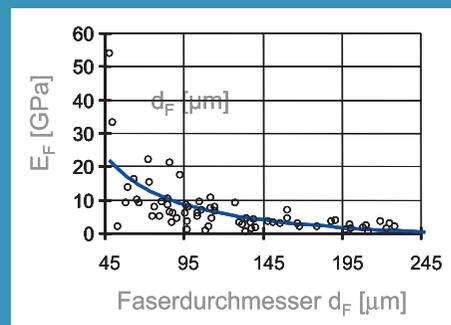
Das Projekt „Erstellung einer Kennwertdatenbank für Naturfaserverstärkte Werkstoffe aus heimischen nachwachsenden Rohstoffen“ (FKZ: 02NR032) wurde gefördert von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Sichere Qualität



Materialmodelle

- » Naturfaserspezifische Eigenschaften, z.B. Abhängigkeit des E-Moduls von Faserlänge und -durchmesser, müssen berücksichtigt werden.
- » Mit Hilfe der erweiterten Materialmodelle gute Ergebnisse
- » Know-how vorhanden



Materialmodelle

Viele Konstruktionsmethoden greifen auf so genannte Mischungsregeln zurück, die aus den Eigenschaften der Matrix und der Fasern die Eigenschaften des Compounds berechnen. Im Bereich der Glas- und Kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffe gibt es eine Reihe etablierter Formeln, die sich nach verbreiteter Meinung aber nicht für Naturfaserverstärkte Kunststoffe anwenden lassen.

In den letzten Jahren haben dennoch einige Arbeiten exemplarisch gezeigt, dass mit Hilfe dieser Mischungsregeln sehr wohl gute Ergebnisse erzielen lassen, wenn die Naturfaser-spezifischen Besonderheiten in geeigneter Form in diese Formeln eingebracht werden. So ist z.B. der E-Modul der Naturfasern vom Faserdurchmesser abhängig. Da der mittlere Durchmesser der für die Messungen verwendeten Fasern im Allgemeinen nicht mit dem der Gesamtheit der Fasern übereinstimmt, muss dieser Unterschied berücksichtigt werden. Nur so lassen sich die im Diagramm dargestellten sehr guten Übereinstimmungen zum Experiment erreichen.

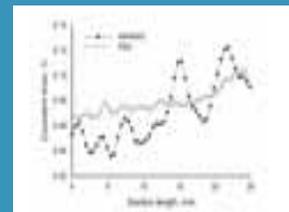
Was zurzeit sicherlich noch fehlt, ist eine Quelle, in der umfassend über die für NFK verfügbaren Konstruktionsmethoden informiert wird. Hier setzt das Projekt „Erstellen von Konstruktionsregelwerken für das Spritzgießen und Formpressen von NFK“ an. Auf Basis der Ergebnisse dieses gerade gestarteten Projektes sollen auf www.N-FibreBase.net mittelfristig entsprechende Informationen bereitgestellt werden.

Sichere Qualität



Simulationsrechnungen

- »An einzelnen Demonstratoren konnten die erweiterten Materialmodelle verifiziert werden
- »Offenbar noch keine flächendeckende Anwendung



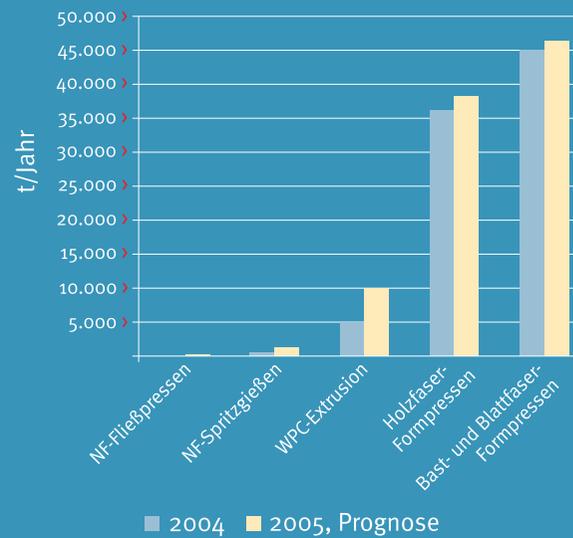
Simulationsrechnungen

Verarbeitungs- und Struktursimulation werden für NFK offenbar noch nicht in der für konventionelle Bauteile üblichen Intensität durchgeführt. Es gibt zwar einige Beispiele aus dem akademischen Bereich, die recht viel versprechende Ergebnisse zeigen, jedoch ist im industriellen Bereich hierzu noch sehr wenig bekannt.

Hohe Wachstumspotenziale



»Einsatz von NFK in Deutschland



Produktionsstatistik für NFK in Deutschland

- »Holzfaser- sowie Bast- und Blattfaser-Formpressen sind im Automobilbau bewährt und weit verbreitet.
- »Eine besondere Verbreitung haben sie in Mittel- und Oberklasse-PKW.
- »Die WPC-Extrusion sowie NF-Spritzgießen und NF-Fließpressen befinden sich erst in der Markteinführung.

Produktionsstatistik für NFK in Deutschland

Naturfaser-Formpressteile basieren auf Verfahrenstechniken, die seit den 1980er Jahren entwickelt wurden. Seit den 1990er Jahren haben sie als Leichtbau-Formteile ihren festen Platz in Automobilen der Mittel- und Oberklasse.

Holzfaserverstärkte Formpressteile sind ein preiswertes Produkt, das schon seit Jahrzehnten im Automobilbau Anwendung findet. Die Extrusion von Holzgefülltem Kunststoff (WPC) ist hingegen eine relativ neue Verfahrenstechnik, die in Nordamerika und Japan bereits in großem Stil Verwendung findet.

Spritzgießen und Fließpressen mit NFK sind noch in der Markteinführung und bisher nur in wenigen Serienanwendungen zu finden.

Alle beschriebenen NFK-Techniken zeigen am Markt Wachstumsraten, die deutlich höher liegen als die von konventionellen Kunststoffen. Mit WPC-Extrusion, NFK-Spritzgießen und -Fließpressen verbinden sich besonders große Wachstumshoffnungen.

Hohe Wachstumspotenziale



»Weltweite WPC-Produktion in Tonnen

	Nord-amerika	Japan	Europa	Deutsch-land
2000	135.000	22.000	3.000	
2001				
2002				
2003	600.000	30.000	30.000	
2004			50.000	5.000
2005	700.000			10.000

WPC-Produktion weltweit steigend

- »WPC sind in Nordamerika zu einem Massenprodukt geworden.
- »In Industrieländern anderer Kontinente sind sie im Begriff, den Markt zu durchdringen.

WPC-Produktion weltweit steigend

Während in Nordamerika und auch in Japan WPC-Extrusionsprofile im Bereich „deckings“ – Dielen im Außenbereich wie Veranden, Bootsstege, Außentreppen – bereits ein gut eingeführtes und umsatzstarkes Produkt sind, sind diese Produkte in Europa noch in der Markteinführung, zeigen aber auch hier bereits ein starkes Wachstum.

Neben dem Bereich „decking“ werden WPC-Profile in Deutschland als Fußleisten, Fensterbänke und im Möbelbau eingesetzt. Anders als in Nordamerika besteht in Europa auch Interesse an spritzgegossenen WPC-Teilen, wie sie z.B. schon in Automobilbereich zum Einsatz kommen (Sitzhaken, Armaturenbrett-Teile, Lautsprecher).

Die Wachstumsprognosen sehen gut aus, da der Hauptrohstoff für WPC-Anwendungen sehr preiswert ist. Bei der Extrusion können Holzanteile bis 80 oder sogar 90% realisiert werden. Die Bauteile erinnern in Haptik und Optik an Holz, können aber wie Kunststoff geformt werden.

Ein wichtiges Argument für den Einsatz von WPC im Außenbereich ist die bessere Witterungsbeständigkeit im Vergleich zu Holzprodukten. In Nordamerika haben Verbote gängiger Holzschutzmittel aufgrund ihrer Umweltrisiken diesen Trend verstärkt.

Während unbehandeltes, heimisches Holz nur wenige Jahre hält, können hochwertige WPC-Produkte über 10 Jahre ohne jede Behandlung der Witterung trotzen. Hier sind WPC auch eine Alternative zum teuren und ökologisch bedenklichen Tropenholz.

Hohe Wachstumspotenziale



Neue DaimlerChrysler S-Klasse: Einsatz von Bauteilen aus NR massiv gesteigert

- »27 Bauteile
- »42,7 kg (+73 %)
- »Vorgängermodell 24,6 kg

Neue DaimlerChrysler S-Klasse: Einsatz von Bauteilen aus NFK massiv gesteigert

Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe konzentriert sich im Fahrzeugbau auf Anwendungen im Interieur. Als Naturfasern kommen bei der neuen Mercedes-Benz S-Klasse Kokos-, Holz-, Flachs- und Baumwollfasern in Kombination mit unterschiedlichen Polymerwerkstoffen zum Serieneinsatz.

Insgesamt werden 27 Bauteile mit einem Gesamtgewicht von knapp 42,7 Kilogramm unter der Verwendung von Naturmaterialien hergestellt. Damit hat sich das Gesamtgewicht der unter Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen hergestellten Komponenten gegenüber dem Vorgängermodell mit 24,6 kg um rund 73 Prozent erhöht.

Die an der Sitzlehnenverkleidung befestigten Halterelemente werden direkt aus den Produktionsabfällen des Verkleidungsteiles hergestellt und ermöglichen somit eine interne Kreislaufführung von Werkstoffen. Die Herstellung der Halter erfolgt im Spritzguss-Prozess, ein für nachwachsende Rohstoffe erstmalig in Serie eingesetztes Verfahren.

- » Holzfasern: Türbelag-Innenteil vorne & hinten, Verkleidung Lehne Fahrersitz inkl. Spritzguss-Aufnahmehaken.
- » Baumwolle, Wolle: Abdämpfungen, Verkleidungen Radeinbau vorne & hinten, Bezüge Sitzanlage.
- » Flachsfaser: Verkleidung Hautablage, Abdeckung Kofferraum.
- » Kokosfaser, Naturlatex: Auflagen Lehne Vordersitze.

Potenzieller Wettbewerbsvorteil



Preisbrecher mit Naturfasern

- » Chinesische Luxus-Limousine drängt Anfang 2006 für unter 20.000 Euro auf den europäischen Markt.
- » In vermutlich keinem anderen Fahrzeug weltweit werden im Innenraum so viele Naturfaser-Werkstoffe eingesetzt wie im „Brilliance Zhonghua“: Türverkleidungen, Dachhimmelverkleidungen, Hutablage, Kofferraumtrennwand, Heckdeckelverkleidung, Kofferraumseitenverkleidung und Fußstütze werden auf Basis der Naturfaser-Formpressverfahren der deutschen Firma R+S Technik hergestellt.

Preisbrecher mit Naturfasern

Die Firma Brilliance, deren OEM-Partner die BMW AG ist, hat eine Luxus-Limousine entwickelt, die mit Luxus zum Dumpingpreis den Markteintritt im europäischen Automobilmarkt erreichen soll.

Hierfür hat die Firma Brilliance Naturfaser-Formpress-Anlagen des deutschen Maschinenbauers R+S Technik gekauft und wird eine bisher nicht erreichte Anzahl an Innenverkleidungen aus formgepressten Naturfaser-Compoundteilen einsetzen.

Die Entscheidung für Werkstoff und Verfahren geschah angesichts des hohen Preisdrucks gekoppelt mit europäischen Kundenansprüchen. Das Naturfaser-Formpressverfahren erweist sich damit für neue Innenraumkomponenten in Hoch- und Niedriglohnländern als eine technisch ausgereifte, hochwertige und preisgünstige Alternative.

Potenzieller Wettbewerbsvorteil



Innovative Schleifscheibe



- »Flexible Schleifscheibe mit spritzgegossenem Träger aus PP-NF.
- »Gute mechanische Eigenschaften
- »Vorteile beim Arbeitsschutz
- »Vorteile bei der Entsorgung
- »Erfolgreiche Markteinführung

Innovative Schleifscheibe

Die Firma Eisenblätter, einer der führenden deutschen Hersteller von hochwertigen Schleifscheiben, hat im Verlauf des Jahres 2005 mit der Markteinführung einer neuen Familie von Schleifscheiben begonnen. Die Besonderheit ist ein spritzgegossenes Rückenteil aus PP-NF, das auf eine vorteilhafte Biegsamkeit (größere Auflagefläche der Schleifblättchen) und eine ausreichende Stärke für die enormen mechanischen Belastungen ausgelegt wurde.

Die aufgeklebten Fächer-Schleifblättchen lassen sich gefahrlos vollständig abschleifen, da ein Abrieb des PP-NF nicht zu den sonst üblichen Glasstaub-Emissionen der zuvor verwendeten PP-Glasfaser-Rückenteile führt.

Insgesamt weist das neue Produkt mit seinem PP-NF-Rückenteil somit gute mechanische Eigenschaften sowie Vorteile bei Arbeitsschutz (keine Glasstaubemissionen) und Ökologie (unproblematischere Entsorgung) auf.

Die Markteinführung verlief bis jetzt erfolgreich, so dass bald weitere Typen auf den neuen Werkstoff umgestellt werden sollen.

Bildnachweis

- Slide 5: Müssig, Jörg; TITK; Rieter Automotive; M-Base
- Slide 6: Dräxlmaier
- Slide 7: Johnson Controls Interiors; DaimlerChrysler
- Slide 8: Johnson Controls Interiors; nova-Institut
- Slide 9: Rieter Automotive
- Slide 10: IGLU
- Slide 11: TITK; FIBRE
- Slide 12: Kareline Oy Ltd.
- Slide 13: Tecnar; Napac Bio Technology; Battenfeld Spritzgieß-
technik
- Slide 14: Tecnar; Johnson Controls Interiors
- Slide 15: Kosche Profilmantelung; häussermann
- Slide 16: Fasalex
- Slide 17: Fasalex; Cincinnati Extrusion
- Slide 22: Forest Products Laboratory – USDA; Forest Products
Laboratory – USDA; Forest Products Laboratory – USDA
- Slide 29: Schönfeldt, U., von Buttlar, H.B., Müssig, J. und Schmehl,
M.; IGLU
- Slide 30: Bos, H.L.
- Slide 31: Flake, M. und Wötzel, K.
- Slide 33: nova-Institut/Lohmeyer, D.; nova-Institut/Lohmeyer, D.;
nova-Institut/Lohmeyer, D.; nova-Institut, Karus, M.; John-
son Controls Interiors; Karus, M.; A&F Agrotechnology &
Food Innovations; Rieter Automotive
- Slide 36: M-Base
- Slide 37: M-Base
- Slide 38: Schmitz, Michael; Schmitz, Michael
- Slide 39: TU Delft/Dissertation Kavelin
- Slide 42: DaimlerChrysler
- Slide 43: Brilliance; Brilliance; Brilliance
- Slide 44: Eisenblätter; Eisenblätter; Eisenblätter; Eisenblätter

Bei mehreren Fotos je Slide erfolgt die Nennung im Uhrzeigersinn,
links oben beginnend