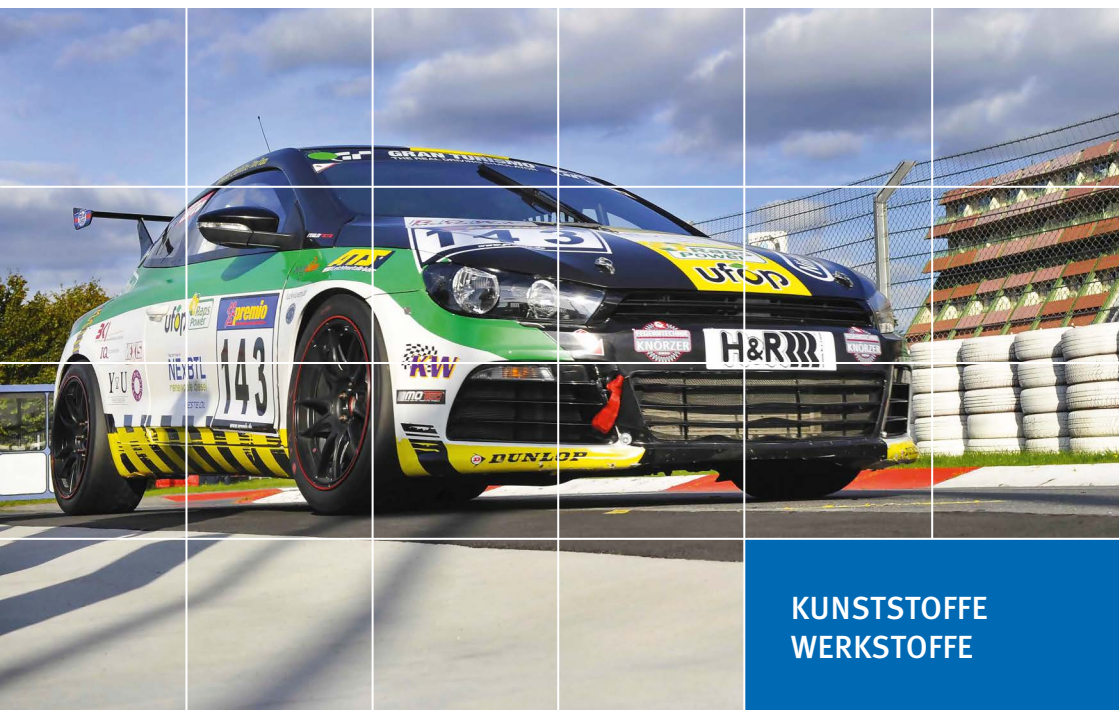


BIOVERBUNDWERKSTOFFE

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)
und Holz-Polymer-Werkstoffe (WPC)



**KUNSTSTOFFE
WERKSTOFFE**

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102

info@fnr.de

www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und
Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Autoren

Dipl.-Phys. Michael Carus (nova-Institut GmbH), Dipl.-Ing. Dr. Asta Eder (nova-Institut GmbH & Asta Eder Composites Consulting, Wien) und Dipl.-Wirtsch. Ing. Lena Scholz (nova-Institut GmbH, heute: Tecnaro GmbH)

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: FNR/Hardy Müller

Sofern nicht am Bild vermerkt: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Druck

www.druckerei-weidner.de, Rostock

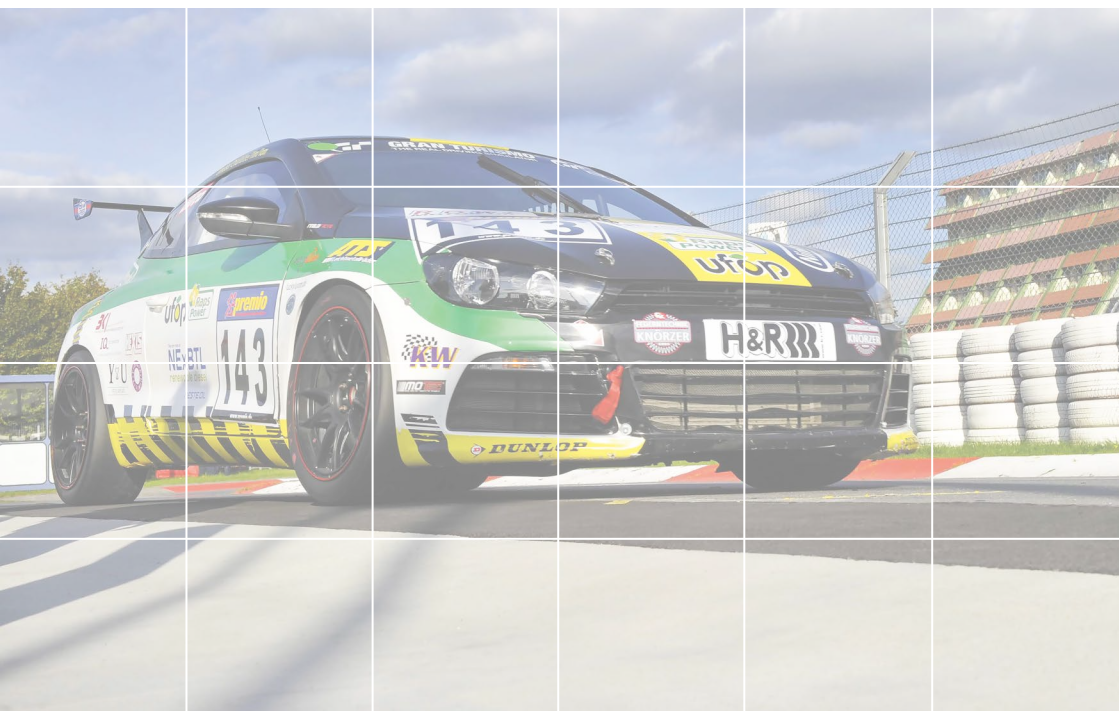
Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 227

FNR 2015

BIOVERBUNDWERKSTOFFE

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)
und Holz-Polymer-Werkstoffe (WPC)





© FNR/Hardy Müller



© FNR/Michael Hauri

INHALT

1	Naturfaserverstärkte Kunststoffe im Wandel der Zeit – am Beispiel Automobilindustrie	4
2	Bioverbundwerkstoffe	6
2.1	Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)	7
2.2	Holz-Polymer-Werkstoffe (WPC)	8
3	Die Rohstoffe: Kunststoffe, Biokunststoffe, Naturfasern, Holz und Bio-Carbonfasern	9
3.1	Bewährte petrochemische Kunststoffe	9
3.2	Innovative Biokunststoffe	10
3.3	Starke Naturfasern	11
3.4	Bewährtes Holz: Holzmehl und Holzfasern	17
3.5	Bio-Carbonfasern – High-Tech aus Biomasse	19
4	Herstellungsverfahren – viele Optionen für Bioverbundwerkstoffe	21
4.1	Form- und Fließpressen mit Naturfasern – ein neuer, attraktiver Werkstoff	21
4.2	WPC-Extrusion – Erfolgsgeschichte in der Bauindustrie	26
4.3	Naturfaserspritzgießen – ein Bereich mit großem Marktpotenzial	30
4.4	Resin-Transfer-Moulding (RTM) – für hochbelastete Naturfaser-Bauteile	31
4.5	Weitere Verfahren für neue Anwendungsfelder	33



5	Anwendungen und Marktzahlen	35
5.1	Bioverbundwerkstoffe – aktuelle Marktsituation	35
5.2	Naturfaser- und holzfaserverstärkte Kunststoffe in der europäischen Automobilindustrie	36
5.3	Der WPC-Markt	38
5.4	WPC und NFK in Spritzgieß-Serienproduktionen – wachsendes Interesse bei der Industrie	42
6	Potenziale für naturfaserverstärkte Kunststoffe und Holz-Polymer-Werkstoffe	44
7	Ansprechpartner und Internet-Links	46
8	Glossar	48
9	Literatur	51

1 NATURFASERVERSTÄRKTE KUNSTSTOFFE IM WANDEL DER ZEIT – AM BEISPIEL AUTOMOBILINDUSTRIE

Naturwerkstoffe waren über Jahrtausende die primären Materialien der Menschen. Holz diente zum Haus- und Schiffbau, Flachs- und Hanffasern wurden zu Tauen und technischen Textilien, wie Segel, Getreidesäcke und Feuerwehrschräuche verarbeitet. In der Neuzeit und während der industriellen Revolution kamen weitere Anwendungsgebiete hinzu.

Im 20. Jahrhundert entwickelten Chemiker Bindemittel, mit deren Hilfe Naturfasern zu stabilen Bauteilen verarbeitet und der jungen Automobilindustrie zugänglich gemacht werden konnten. Henry Ford präsentierte 1941 ein Fahrzeug, dessen Karosserie weitgehend aus harzgebundenen Hanffasern bestand.

Ab 1950 waren mit Phenolharz gebundene Holz- und Baumwollfasern lange Zeit wichtige Werkstoffe für Kraftfahrzeuge. In Ostdeutschland bestand die Karosserie des Trabants aus einem Duroplast, das mit Baumwollfasern verstärkt war, daher auch der Spitzname „Plastikbomber“. Aber auch der westdeutsche Fahrzeugbau setzte auf nachwachsende Rohstoffe: So fertigte die zur Borgward-Gruppe gehörende Lloyd Maschinenfabrik in Bremen die Karosserie ihrer Modelle Lloyd P 300 und 400 Anfang der 1950er Jahre aus mit Kunstleder bezogenem Sperrholz – wofür der Volksmund wiederum die Bezeichnung „Leukoplastbomber“ erfand. Mitte der 1950er Jahre wurde bei Lloyd das Sperrholz durch Stahl ersetzt, der Trabant hingegen blieb dem Baumwoll-Phenolharz-Konzept bis zu seinem letzten Baujahr 1990 treu.

Heute werden noch viele LKW-Fahrerkabinen aus Baumwollfasern und Phenolharzen produziert.



Trabant



Bioconcept-Car

Während in den 1950er und 1960er Jahren der Einsatz von naturfaserverstärkten Kunststoffen seine Ursache in der Materialknappheit der Nachkriegszeit bzw. der DDR hat, werden Naturfasern heute eingesetzt bzw. erforscht, um genau diese Materialien zu ersetzen. Zudem macht ihr großes Leichtbaupotenzial sie hochinteressant für die Entwicklung moderner kraftstoffsparender Autos und für die Elektromobilität. Ein weiterer Pluspunkt von Flachs, Hanf, Sisal, Kenaf und Co. ist ihre geringere Splitterneigung, die bei Unfällen und bei der Verarbeitung von Vorteil ist.

Bei Armaturenbrettern, Kofferraumauskleidungen und Tür- und Säulenverkleidungen greifen Autobauer deshalb vor allem im Premium-Segment schon seit Jahren auf Naturfasern als Verstärkungsmaterial zurück. Im Außenbereich haben sich naturfaserverstärkte Kunststoffe noch nicht

durchgesetzt, werden hier jedoch intensiv erforscht und erprobt.

Ein Beispiel hierfür ist das Bioconcept-Car – ein Rennwagen, bei dem mehrere Karosseriebauteile aus naturfaserverstärkten Kunststoffen hergestellt sind. Nachdem sich diese Bauteile unter den harten Bedingungen auf der Rennstrecke etabliert haben, wird nun an der Umsetzung des Konzepts in die Serienproduktion gearbeitet.

2 BIOVERBUNDWERKSTOFFE

Ein Verbundwerkstoff oder Kompositwerkstoff (engl. Composite) ist ein Werkstoff, der aus zwei oder mehr miteinander verbundenen Materialien besteht. In dieser Broschüre geht es dabei vor allem um Faserverbundwerkstoffe. Sie bestehen aus einer Kunststoff-Komponente, der sogenannten Matrix, und einer Faser-Komponente. In der Regel sind Faserverbundwerkstoffe deutlich steifer und fester als ihre Einzelkomponenten.

Kunststoffe bestehen aus langkettigen chemischen Verbindungen (Polymere), die aus einzelnen sich wiederholenden Bausteinen, den sog. Monomeren zusammengesetzt sind, und in linearen oder verzweigten Molekülen angeordnet sein können. Hergestellt werden sie in der Regel aus fossilen

Rohstoffen, wie z. B. Erdöl, sodass sie auch als petrochemische Kunststoffe bezeichnet werden. Werden nachwachsende Rohstoffe für die Herstellung eingesetzt, spricht man von biobasierten Kunststoffen (kurz: Biokunststoffen) (s. Kap. 3.2).

Bioverbundwerkstoffe liegen dann vor, wenn mindestens eine der beiden Hauptkomponenten (Matrix und Fasern) biobasiert ist, d. h. auf Basis von Biomasse hergestellt wurde.

Im Folgenden werden die beiden wichtigsten Gruppen der Bioverbundwerkstoffe, die naturfaserverstärkten Kunststoffe (NFK) und die Holz-Polymer-Werkstoffe – international Wood-Plastic-Composites (WPC) genannt – näher vorgestellt.

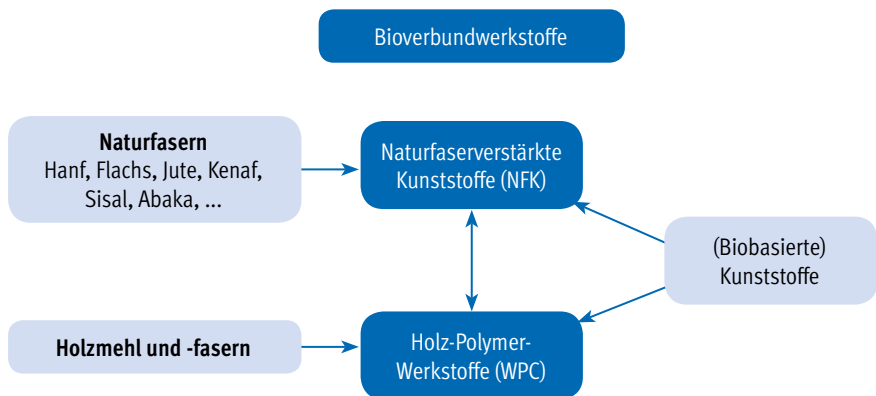


Abb. 2.1: Bioverbundwerkstoffe im Überblick (Carus & Eder et al. 2015)

2.1 Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)

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



Autotür aus einer Naturfasermatte, verfestigt mit einem duroplastischen Kunststoff

Diese Naturfaserwerkstoffe wurden in den 1980er Jahren vor allem in Deutschland entwickelt. In den 1990er Jahren begann ihre Erfolgsgeschichte in der Automobilindustrie. Mittlerweile konnten sie auch in anderen Branchen, wie z. B. im Konsumgüterbereich, Fuß fassen. In vielen Anwendungen sind NFK nicht nur wegen ihrer mecha-

nischen und ökologischen Eigenschaften attraktiv, sondern weisen bereits ökonomische Vorteile gegenüber den klassischen faserverstärkten Kunststoffen, wie z. B. glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK), auf.

Hinter dem Begriff NFK stehen unterschiedliche Verarbeitungsprozesse. Mit einem Marktanteil von über 90 % ist das Formpressen das bislang erfolgreichste Verfahren, bei dem Naturfaservliese bzw. -filze mit Kunststoffen heiß verpresst werden. Es wird vor allem bei automobilen Innenraumteilen eingesetzt, ebenso wie bei der Produktion von Schalenkoffern und Tablettis (s. Kap. 4.1).

Auch das in der Kunststoffindustrie insgesamt am häufigsten verwendete Spritzgießen kann heute für NFK genutzt werden. Unterschiedliche Kunststoff-Naturfaser-Granulate sind am Markt verfügbar und können mit Standard-Spritzgieß-Formen genutzt werden. Am Markt erfolgreich platzierte Produkte sind u. a. Schleifscheibenträger, Ladegeräte und Autoinnenteile (s. Kap. 4.3).

Will man besonders belastbare Teile aus NFK herstellen, die auch konstruktiv genutzt werden können, so gibt es weitere Verfahren wie Resin-Transfer-Moulding (RTM) und Pressverfahren, die mit Langfasern in Form von Gelegen und Textilien arbeiten. Die Verfahren erzielen zwar sehr gute mechanische Eigenschaften, werden jedoch nur in Kleinserien genutzt, was in einem höheren Aufwand und entsprechenden Kosten resultiert (s. Kap. 4.4).

2.2 Holz-Polymer-Werkstoffe (WPC)

Holz-Polymer-Werkstoffe – Wood-Plastic-Composites (WPC) – sind Verbundwerkstoffe, die aus unterschiedlichen Anteilen an (ligno)zellulosehaltigen Materialien, Kunststoffen und Additiven bestehen.

Als Holzanteil werden Sägenebenprodukte der Holzwerkstoffindustrie wie insbesondere preiswertes Holzmehl, selten hochwertige Holzfasern, eingesetzt. Je nach Produkt und gewünschter Materialeigenschaft kann der (Ligno-)Zellulose-Anteil im WPC von 20 bis 80 % variiert werden.

Die Kunststoffmatrix besteht in der Regel aus preisgünstigen petrochemischen Massenkunststoffen wie Polyethylen (PE) oder Polypropylen (PP). Seit 2014 gibt es auch

Terrassendecks aus Polymethylmethacrylat (PMMA, Plexiglas®) und Holzmehl (s. Kap. 4.2). Der Einsatz von biobasierten Kunststoffen ist bis jetzt noch die Ausnahme, wird aber in kleinen Nischen wie Spielwaren für Kinder bereits eingesetzt.

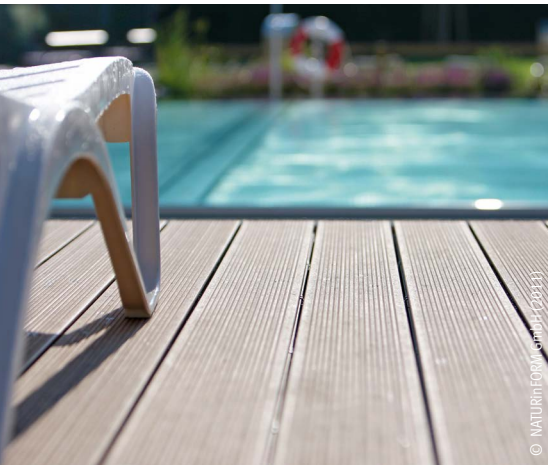
Durch die Zugabe von Additiven werden die Verarbeitbarkeit und die mechanischen Eigenschaften verbessert.

WPC lässt sich durch thermoplastische Formgebungsverfahren, wie Extrusion (s. Kap. 4.2), Presstechniken (s. Kap. 4.1) oder Spritzgießen (s. Kap. 4.3) verarbeiten.

Wichtige Anwendungsfelder für ein extrudiertes WPC sind Bauprodukte wie Terrassenbeläge, Bootsstege und Promenaden („Deckings“) sowie Außenfassaden, Sichtschutz für Gärten, Lärmschutzwände, Zäune sowie Geländer, Fensterrahmen und Türen oder auch Schalungselemente im Betonbau. Seit 2013 gibt es auch Bauplanken für Heimwerker.

Im Pressverfahren hergestelltes WPC wird in der Automobilindustrie für Innenraumteile verwendet, ähnlich wie naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK). Die Holzpartikel oder -fasern sorgen hier für eine gute Steifigkeit, während die Festigkeit meist hinter Naturfaser-Formpressteilen zurück bleibt.

Schließlich finden sich zunehmend auch WPC-Anwendungen im Spritzgießbereich wie diverse Konsumgüterartikel, Gehäuse von Geräten, Möbel (z. B. Stühle) und Kleinteile für die Möbelindustrie und Spielwaren.



Schwimmbad-Steg mit WPC-Dielen

3 DIE ROHSTOFFE: KUNSTSTOFFE, BLOKUNSTSTOFFE, NATUR- FASERN, HOLZ UND BIO-CARBONFASERN

3.1 Bewährte petrochemische Kunststoffe

Um aus Naturfasern oder auch Naturfaserhalbbezeugen moderne Werkstoffe herstellen zu können, benötigt man Bindemittel oder eine Kunststoffmatrix zu ihrer Verfestigung. Traditionell wurden hierzu tierische und pflanzliche Leime, Kleber und Harze verwendet, heute vor allem petrochemische Kunststoffe. Eine Alternative stellen biobasierte Kunststoffe dar (s. Kap. 3.2).

In Deutschland wurden im Jahr 2013 ca. 10.5 Mio. t Kunststoffe erzeugt [8]. Wesentliche Anteile an der Produktion haben dabei Polyethylen (PE) mit ca. 1,7 Mio. t sowie Polyvinylchlorid (PVC) und Polypropylen (PP) mit jeweils ca. 1,8 Mio. t. Hauptanwendungsbereiche sind die Verpackungs-, Bau- und Automobilindustrie.

Nur in wenigen Fällen kommen bei der Kunststoffherstellung lediglich die reinen Polymere zum Einsatz. In der Regel werden Additive und Füllstoffe zugefügt, um die Kunststoffe je nach Anwendung steifer oder weicher, UV-beständiger oder auch farbig zu machen. Hierfür eignen sich neben synthetischen Chemikalien auch Mineralien wie Talkum oder nachwachsende Rohstoffe wie z. B. Holzfasern und Holzmehl.

Werden besonders feste und zähe Konstruktionswerkstoffe benötigt, greift man auf teure Spezialkunststoffe zurück oder verstärkt Standardkunststoffe wie Polypropylen durch Glas- oder Carbonfasern. Jedes Jahr werden in Europa etwa 2 Mio. t glasfaserverstärkte Kunststoffe eingesetzt [10] und können je nach Anforderung sogar Metallkonstruktionen ersetzen. Typische Anwendungen sind Automobilteile, Rotorblätter von Windkraftanlagen und sogar selbsttragende Brücken. Die weltweite Produktionskapazität von Carbonfasern lag 2014 bei etwa 80.000 t [10]. Europa hat davon einen Anteil von 24 %. Dabei wird Carbonfasern in der Flugzeug- und Automobilindustrie sowie bei Highend-Produkten für Sport und Freizeit eine große Zukunft vorhergesagt.

Eine weitere Option zur Verstärkung der Kunststoffe stellen Naturfasern dar – was sie leisten können, ist das Thema dieser Broschüre.

Duro- und Thermoplaste

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

Thermoplastische Kunststoffe sind Kunststoffe, die sich unter dem Einfluss von Wärme

plastisch verformen lassen. In der Regel bestehen Thermoplaste aus linearen oder wenig verzweigten Kettenmolekülen. Sie lassen sich mehrfach einschmelzen und neu formen. Dies erweist sich beim stofflichen Recycling als wichtiger Vorteil. Thermoplaste können sowohl im Spritzgießverfahren (s. Kap. 4.3) verarbeitet werden, als auch mittels Extrusion (s. Kap. 4.2) und thermoplastischem Formpressen (s. Kap. 4.1).

In Verbindung mit Natur- und Holzfasern kommen vor allem die petrochemischen Thermoplaste Polypropylen (PP), Polyethylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC) und Polystyrol (PS) zum Einsatz. Die hohen Schmelztemperaturen der Polyamide (PA), bei denen Bestandteile der Naturfasern leicht geschädigt werden, stehen einer Verwendung eher entgegen.

Um die Bindung zwischen Kunststoff und Naturfasern zu verbessern, sind in vielen Fällen Haftvermittler notwendig. So verbinden sich etwa Polypropylen (PP) und Naturfasern aufgrund ihrer Polaritäten nur sehr schwer. Ein Haftvermittler überwindet das Problem. Neue Forschungsarbeiten zeigen, dass auch eine Plasmabehandlung der Naturfasern zu einer besseren Bindung an unpolare Kunststoffe führt.

Neben Haftvermittlern kommen in der Praxis noch eine Reihe weiterer Additive zum Einsatz, so z. B. zur Einfärbung oder als UV- und Flammenschutz.

Duroplastische Kunststoffe dagegen lassen sich, einmal ausgehärtet, nicht mehr verfor-

men. Im Prozess des Aushärtens vernetzen sich die Kettenmoleküle dreidimensional untereinander und werden dadurch sehr stabil und thermisch belastbar. In Verbindung mit Holz- und Naturfasern werden vor allem Acrylat-, Epoxid- und Phenolformaldehydharze, Polyurethan und ungesättigte Polyesterharze verwendet. Einige dieser Harze, wie z. B. Epoxidharze, können auch vollständig oder anteilig biobasiert produziert werden.

3.2 Innovative Biokunststoffe

Biokunststoffe – also biobasierte Kunststoffe – bestehen teilweise oder vollständig aus Biomasse wie z. B. Zucker, Stärke, Zellulose, Pflanzenölen und Lignin. Der Anteil von Biokunststoffen am Weltmarkt für Kunststoffe liegt heute bei ca. 1,5 % [1].

Unter den thermoplastischen Biokunststoffen finden neben Stärkepolymeren vor allem Polymilchsäure (PLA) sowie Polyhydroxyalkanoate (PHA/PHB) Verwendung. Aber auch bekannte Thermoplaste wie Polyethylenterephthalat (PET) sowie PE können bereits heute biobasiert produziert werden. In größeren Volumina werden aktuell Bio-PET und Bio-PE aus brasilianischem Zuckerrohr hergestellt. Bei den Duroplasten findet man biobasierte Epoxidharze, zudem bestehen auch einige Polyurethane anteilig aus nachwachsenden Rohstoffen.

Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe tragen zur zukünftigen Versorgungssicherheit bei. Sie können petrochemische Kunststoffe ersetzen, deren Herstellung

mit der Verknappung von Erdöl und -gas tendenziell teurer wird. Die Biokunststoffe sollen dabei – wie die petrochemischen Kunststoffe auch – möglichst mehrfach stofflich genutzt (Recycling) und am Ende ihres Lebensweges thermisch verwertet werden, um einen großen Teil der Herstellungsenergie zurückzugewinnen und fossile Ressourcen bei der Energieerzeugung zu ersetzen. Dies wirkt sich wiederum positiv auf die Flächen- und Ressourceneffizienz aus.

Für Bioverbundwerkstoffe stellen Biokunststoffe ein besonders interessantes Einsatzgebiet dar, da mit ihnen – zusammen mit Natur- oder Holzfasern – vollständig biobasierte Verbundwerkstoffe realisierbar sind. Mit Naturfasern kann das Eigenschaftsprofil von Biokunststoffen erweitert werden, ohne auf fossile oder mineralische Fasern zurückgreifen zu müssen.

Generell gilt für Biokunststoffe, dass sie sich in der Verarbeitung und in den Materialeigenschaften mit klassischen Kunststoffen messen lassen müssen. Erst vergleichbare oder bessere Eigenschaften und Herstellungskosten werden ihnen den breiten Marktzugang ermöglichen.

3.3 Starke Naturfasern

In naturfaserverstärkten Kunststoffen werden vor allem Flachs- und Hanffasern sowie Jute-, Kenaf-, Sisal- und Abakafasern eingesetzt.

Brennnesselfasern spielen für diesen Anwendungsbereich keine Rolle, sie werden

auf Grund ihrer besonderen Eigenschaften für Textilien und Spezialgewebe genutzt.

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

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN VON NATURFASERN [7]

- Die Dichten von Flachs, Hanf, Jute, Kenaf, Ramie, Abaka, Nessel sind etwa alle gleich ($1,2\text{--}1,6\text{ g/cm}^3$). Sisal hat eine etwas geringere Dichte.
- Die Feinheit ist stark abhängig vom Aufschlussgrad, als grobe Orientierung dient folgende Reihenfolge: Nessel = Ramie > Flachs = Jute > Kenaf > Hanf > Sisal > Abaka = Bambus > Kokos.
- Bei Festigkeit kann folgende Reihenfolge als Orientierung angesetzt werden: Ramie = Flachs = Hanf > Abaka = Nessel > Kenaf > Jute = Bambus > Sisal > Kokos.
- Für den Elastizitätsmodul wird folgende Reihenfolge zur Orientierung vorgenommen: Ramie > Flachs > Hanf > Kenaf > Jute = Abaka > Bambus = Nessel > Sisal > Kokos.
- Und schließlich für die Dehnung folgende Reihenfolge: Jute < = Ramie < = Flachs = Hanf = Kenaf < Abaka < = Bambus < Sisal < Kokos.

Bei Sisal und Abaka dagegen stammen die Fasern aus Blattscheiden und verstärken die großen Blätter, bei der Baumwollpflanze wachsen die Fasern als Samenhaare aus dem Samen.

Diese Broschüre beschäftigt sich vor allem mit Flachs und Hanf, den beiden Faserpflanzen, die in Europa angebaut, verarbeitet und in neuen Werkstoffen verwendet werden. Am Beispiel von Hanf, der im Gegensatz zu Flachs überwiegend in technische Anwendungen geht, soll zunächst die gesamte Prozesskette der Naturfaserproduktion exemplarisch dargestellt werden. Im Anschluss wird auf die Unterschiede bei Flachs gesondert eingegangen.

Hanf

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

Es folgte die Verwendung als Textilfaser; in einem Grab aus der Chou-Dynastie (1.122–249 v. Chr.) fand sich ein Textilfragment, das wohl älteste erhaltene Hanfprodukt. Auch das erste Papier wurde aus Hanf hergestellt – so blieb in China ein Stück Hanfpapier aus der Zeit von 140 bis 87 v. Chr. erhalten.

Hanfprodukte sind auch aus dem Europa des Mittelalters nicht wegzudenken – Hanf war der Rohstoff für die Herstellung von Seilen, Segeltuch, Bekleidungstextilien und Papier. Im 17. Jahrhundert erreichte Hanf als



Hanf

Wirtschaftsgut durch den enormen Bedarf der Schifffahrt an Seilen und Segeltuch seine größte Bedeutung – 50 bis 100 t Hanffasern mussten für ein typisches Segelschiff samt Besatzung bereitgestellt und jeweils binnen zwei Jahren erneuert werden.

Ab dem 18. Jahrhundert verlor der deutsche Hanf kontinuierlich an Bedeutung: Die Konkurrenz durch osteuropäischen Hanf, Naturfasern aus den Kolonien, den Einsatz von Baumwolle im Textilbereich („Spinning Jenny“) und das Aufkommen der Dampfschifffahrt im 19. Jahrhundert ließen die Nachfrage zusammenbrechen.

Anfang der 1990er Jahre wurde Hanf innerhalb der Europäischen Union (EU) praktisch ausschließlich in Frankreich angebaut – für die Produktion von Spezialzellstoffen mit besonders hohen technischen Anforderungen, wie z. B. Zigarettenpapiere, Dünndruckpapiere und Banknoten. Als der Anbau und die Nutzung von Hanf Ende der 1990er Jahre wiederentdeckt wurden, mussten in vielen EU-Ländern zunächst die Anbauverbote überwunden werden, die im Rahmen der weltweiten Marihuana-Prohibition auch für rauschfreien Nutzhanf erlassen worden

waren. Infolge dieser „Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf“ haben sich die Anbauflächen in der EU fast verdreifacht – bei gleichzeitig stetig fallenden EU-Beihilfen für den Anbau bzw. die Verarbeitung von Hanf. 2014 lag die Hanfanbaufläche in der EU bei 17.500 ha [11], rund 60 % dieser Fläche entfallen auf Frankreich. In Deutschland lag die Anbaufläche bei 715 ha. Wichtigste Anwendungen für Hanffasern sind heute Spezialzellstoff (55 %), Dämmstoffe (26 %) und Verbundwerkstoffe (15 %) [4].

Anbau, Ernte und Röste von Hanf

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

Ökologie

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

Ernte

In den letzten zehn Jahren wurde die Erntetechnik für Hanf neu entwickelt. Moderne Erntemaschinen schneiden die Hanfpflanze dicht über dem Boden ab, führen die lan-

gen Stängel durch die Maschine und kürzen sie dabei auf ca. 60 cm lange Stücke ein, um die Weiterverarbeitung zu erleichtern. Das eingekürzte Hanfstroh bleibt zur sogenannten Feldröste für zwei bis vier Wochen auf dem Feld liegen und wird in dieser Zeit ein- bis zweimal gewendet.

Röste

Bei der Röste lösen sich die Kittsubstanzen (Pektine, Lignin) zwischen den Fasern und dem Reststängel und legen die Fasern frei. Es handelt sich dabei um einen biologischen Prozess, bei dem Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze sowie die von ihnen erzeugten Enzyme wirksam sind. Durch die Röste wird der spätere mechanische Faseraufschluss deutlich vereinfacht sowie die Ausbeute und Feinheit der Fasern erhöht. Nach der Röste wird das Hanfstroh an trockenen Tagen zu Ballen gepresst und bis zum Faseraufschluss trocken gelagert. Die Lagerung kann ohne Qualitätsverluste über mehrere Jahre erfolgen.



Moderne Erntetechnik für Hanf



Eingekürztes Hanfstroh während der Feldröste



Faseraufschlussanlage

Der in den 1990er Jahren zum Teil propagierte Grünhanfaufschluss ohne Röste konnte sich nicht etablieren, Faserausbeuten und -qualitäten waren zu gering.

An guten Standorten können jährlich 6 bis 9 t Hanfstroh pro Hektar geerntet werden. Bei einem technisch nutzbaren Fasergehalt von ca. 25 % lassen sich demnach pro Hektar 1,5 bis 2 t Hanffasern produzieren. Der nicht nutzbare verholzte Kern des Stängels (die späteren „Schäben“), welcher 50–70 % des Gesamtertrages ausmacht, kann als Baumaterial, Brennstoff, Füllstoff oder als Einstreu in der Landwirtschaft genutzt werden.

Faseraufschluss:

Vom Hanfstroh zur Faser

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

Die Verarbeitung der Hanfstrohballen erfolgt in eigenen Faseraufschlussanlagen. Dabei wird der verholzte Kern des Stängels (die späteren „Schäben“) gebrochen, die Fasern tren-

nen sich vom Holz. Je nach Weiterverarbeitung bleiben Faserbündel unterschiedlicher Feinheit und Längenverteilung übrig. Während die Fasern für die textile Verarbeitung möglichst lang, fein und schäbenfrei sein müssen, stellen technische Anwendungen, insbesondere NFK, geringere Anforderungen, die sich auch in niedrigeren Faserpreisen widerspiegeln.

Im Spritzgießverfahren (s. Kap. 4.3) können kurze Hanffasern verarbeitet werden. Für Vliese und Filze zur Produktion von Formpresssteilen (s. Kap. 4.1) dagegen werden 6 bis 10 cm lange „vliesfähige“ technische Fasern benötigt. In beiden Fällen ist ein möglichst geringer Schäbengehalt von maximal 2 % gewünscht, da die Schäben die weitere Verarbeitung stören können – bis hin zu sichtbaren Oberflächenstörungen im fertigen Produkt.

Fasern für Gewebe

Hanffasern können versponnen und das Garn zu technischen Geweben verwoben werden, die für hochwertige NFK Verwendung finden. Da dieser Prozessweg – physikalisch, chemisch oder enzymatisch – sehr kostspielig ist, wird er bislang kaum praktiziert.

Fasern für Formpressteile

Preiswerter ist es, die Fasern direkt zu textilen Halbzeugen wie Vliesen oder Filzen, häu-

fig auch als „non-wovens“ bezeichnet, zu verarbeiten. Während die Fasern bei Filzen ineinander verschlungen sind, werden sie für Vliese nur geschichtet und durch ein Bindemittel, insbesondere duroplastische Harze oder Thermoplaste, verfestigt. Vorprodukte für Formpressteile (s. Kap. 4.1) sind sowohl reine Naturfaservliese und -filze als auch Mischfilze aus Natur- und z. B. Polypropylenfasern. In der Praxis haben sich besonders Mischungen von verschiedenen Naturfasern bewährt. Werden feine Fasern wie Flachs oder Jute mit gröberen Fasern wie Hanf oder Sisal gemischt, so ergeben sich die besten mechanischen Werte in Kombination mit einer optimalen Verarbeitbarkeit für die Ver-

bundwerkstoffe. Die feinen Fasern schaffen mehr Bindung zwischen Faser und Kunststoff, die gröberen gewährleisten das Eindringen des Binders in das textile Produkt.

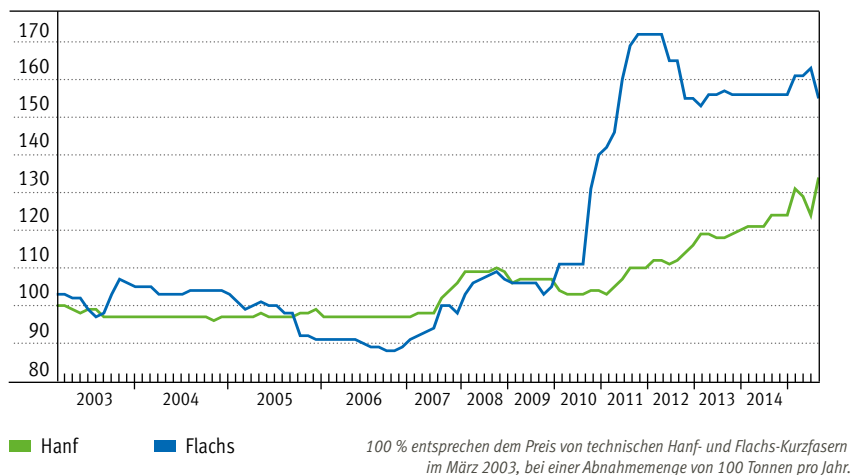
Wirtschaftlichkeit

Abbildung 3.1 zeigt die Preisentwicklung bei Flachs- und Hanfkurzfasern vom Jahr 2003 bis heute. Vergleicht man die Preiskurven mit denen anderer Rohstoffe, so fällt eine erstaunliche Preiskonstanz für Hanffasern bis heute auf.

Die Flachspreise zeigen dagegen in den letzten Jahren einen starken Anstieg. Ursache sind zurückgehende Anbauflächen (Flächen-

PREISENTWICKLUNG BEI FLACHS- UND HANFKURZFASERN

Preis von technischen Hanf- und Flachs-Kurzfasern in %



Quelle: Carus & Eder et al. 2015

© FNR 2015

Abb. 3.1: Preisentwicklung bei Flachs- und Hanfkurzfasern für Vliese und Filze in Deutschland

konkurrenz zu Lebensmitteln und Bioenergie), Missernten und die stark steigende Nachfrage der chinesischen Textilindustrie.

Qualitätsmanagement

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

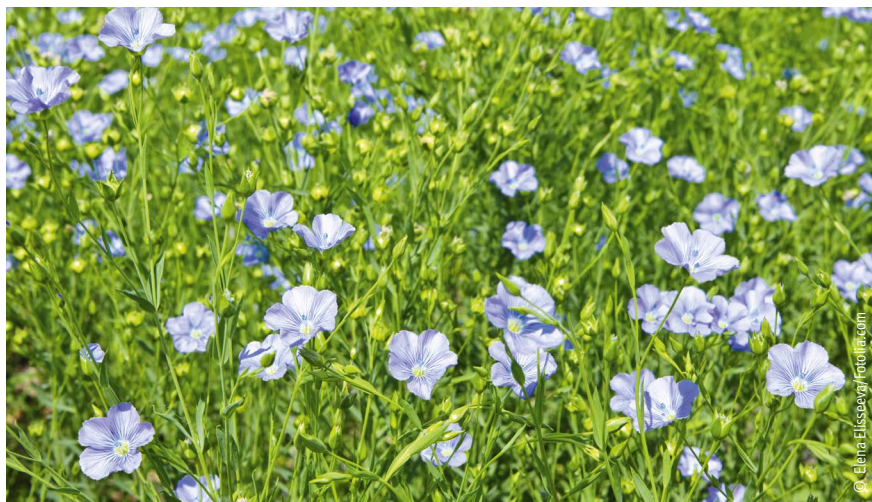
Für die technischen Verarbeitungsprozesse und die späteren Materialeigenschaften gelten insbesondere standardisierte, gleich-

bleibende Faserqualitäten als wichtige Voraussetzung.

Flachs (Faserlein)

Aus den Fasern von Flachs, auch Faserlein genannt, werden seit Jahrtausenden Kleidungsstücke (Leinen) und andere Gebrauchsgegenstände wie Schnüre, Seile und Netze hergestellt.

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



Flachsfeld

Schweiz. Fäden, Schnüre und Netze waren die typischen Faserleinerzeugnisse.

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

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

2012 lag die Flachsanbaufläche in der EU bei 87.600 ha [5], was einen erheblichen Rückgang gegenüber ca. 120.000 ha im Jahr 2004 bedeutet. Ursachen sind die gesunkenen Exporte nach China und die zunehmende Flächenkonkurrenz mit Energiepflanzen.

Wichtigste Anbauländer sind Frankreich, Belgien und Großbritannien. Ein Großteil der Flachsproduktion zielt auf hochwertige Flachslangfasern für die Bekleidungsindustrie. Die meisten Flachslangfasern werden nach China exportiert und dort versponnen, gewebt und schließlich zu Textilien konfektioniert.

Als Nebenprodukt entsteht die Flachskurzfaser (Werg), die für Zellstoffe, Textilien, Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe genutzt wird.

Der Anbau und die Verarbeitung von Flachs konnten sich in Deutschland trotz intensiver Bemühungen nicht wieder etablieren. Das Know-how war über die Jahrzehnte mehr und mehr verloren gegangen und die Konkurrenz aus Frankreich, Belgien und Osteuropa zu stark. Heute werden in Deutschland weniger als 20 ha (2012) Flachs angebaut.

3.4 Bewährtes Holz: Holzmehl und Holzfasern

Der Hauptbestandteil von WPC ist in der Regel der Rohstoff Holz aus Sägenebenprodukten des einheimischen Weichholzes, vor allem Fichte. Hartholz wie Eiche oder Ahorn wird dagegen kaum eingesetzt.

Sägenebenprodukte sind Holzreste, die bei der Verarbeitung von entrindeten Stämmen zu Nutzholz oder der nachfolgenden Holzverarbeitung anfallen. Dazu zählen Holzhackschnitzel, Holzspäne, Holzmehl und nach weiterer mechanischer oder chemischer Aufbereitung auch Holzfasern (z. B. MDF- oder Zellulosefasern). Die unterschiedlichen Holzrohstoffe bzw. -zwischenprodukte haben sehr unterschiedliche Eigenschaften und führen hierdurch in der WPC-Produktion zu verschiedenartigen Materialeigenschaften. So haben z. B. die Feinheit und der sogenannte Schlankheitsgrad – das Verhältnis von Länge zu Breite bzw. Durchmesser – einen großen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften. Von diesem Schlankheitsgrad hängt es ab, ob das Holz in der Kunststoffmatrix eher ein Füllmittel oder eine Verstärkung darstellt.

Entscheidende Kriterien für den Einsatz von Holzmehl und -fasern zur WPC-Produktion sind neben dem Preis vor allem auch qualitative Aspekte, wie die Restfeuchte, die Faserlänge, der Schlankheitsgrad oder der Harzgehalt.

Im Vergleich zu anorganischen Füllstoffen weisen die Holzrohstoffe neben anderen Vorteilen eine geringere abrasive Neigung auf.

Holzfasern: Die Dimensionen einzelner Holzfasern reichen je nach Baumart von 0,5 bis 4,5 mm in der Länge und 0,02 mm bis 0,04 mm im Durchmesser. Typische Werte für Nadelhölzer, wie sie für WPC verwendet werden, sind 2,5 bis 3 mm (Länge) und 0,03 mm (Durchmesser). Der Schlankheitsgrad, das Verhältnis von Länge zu Breite, beträgt in diesem Fall 100:1. Den genannten hohen Schlankheitsgrad können in der Praxis sonst nur Zellstoffasern bieten, die von einigen Papierherstellern entweder als Fasermischung oder in Form von Granulaten, die bereits mit Kunststoff vermischt sind, vermehrt am Markt für Spritzgießanwendungen angeboten werden.

Zur Gewinnung von einzelnen Holzfasern werden thermo-mechanische oder auch chemische Refiner/Pulping-Prozesse verwendet. Holzfasern sind keine Füllmittel, sondern Verstärkungsfasern. Aus Kostengründen werden kaum Holzfasern für die WPC-Produktion verwendet; zudem kann es bei Holzfasern zu Problemen bei der Zufuhr kommen, wenn diese nicht vorher verdichtet bzw. pelletiert wurden, was aber weitere Kosten verursacht.

Holzhackschnitzel und Holzspäne: Schnitzel und Späne weisen unterschiedliche Schlankheitsgrade und Formen auf. Sie bestehen aus einer Vielzahl miteinander verbundener Holzfasern und Holzfaserschnitzel. Typische Größen für Holzhackschnitzel sind folgende Dimensionen in Faserrichtung: Länge ca. 25 bis 40 mm, Dicke ca. 5 bis 15 mm, Breite ca. 10 bis 100 mm.

Holzspäne (Sägespäne und Hobelspäne) sind sehr heterogen und mit Feinpartikeln (Staub) versetzt. Eine Aufbereitung erfolgt durch mehrfache trockene Mahlungen und Siebungen, um die Rohstoffe zu homogenisieren. Diese Anlagen erfordern allerdings hohe Investitionen, weshalb die meisten WPC-Hersteller eher industriell aufbereitetes Holzmehl bzw. Holzfasern einsetzen.

Holzmehl: Feine Holzpartikel, die etwa gleich lang wie breit sind (ca. 0,3 bis 0,4 mm) werden als Holzmehl bezeichnet. Ihr Schlankheitsgrad beträgt etwa 1:1. Holzmehl kann nur als Füllstoff eingesetzt werden [9].

In den letzten 10 Jahren ist eine kontinuierliche Preissteigerung bei Sägespänen zu beobachten, die insbesondere durch die wachsende Nachfrage aus dem Bereich der Bioenergie, Holz-Heizkraftwerke und Pellet-öfen getrieben wurde. Dennoch liegt das absolute Preisniveau von Holz im Vergleich zu den meisten Agrarrohstoffen niedrig. Das Preisniveau der produktionsfertigen Holzfasernprodukte im „Big-Bag“ liegt etwa zwischen 250 und 400 €/t (ab Werk).

3.5 Bio-Carbonfasern – High-Tech aus Biomasse

Kohlenstofffasern, auch Carbonfasern genannt, weisen eine hohe Festigkeit bei einem sehr geringen Gewicht auf und eignen sich daher besonders zum Einsatz als Verstärkungsfasern in Kunststoffen für Leichtbauteile. Dabei werden Gelege oder Gewebe aus Kohlenstofffasern in eine Kunststoffmatrix eingebracht. Die Verarbeitungsverfahren entsprechen denen von langglasfaserverstärkten Verbundwerkstoffen, wie Pressformen, Faserwickeln und Handlaminieren.

Bis jetzt ist der Einsatz der noch sehr teuren konventionellen Carbonfasern (15 €/kg und mehr) auf hochpreisige Bauteile wie z. B. in Rennwagen, für High-Tech-Sportgeräte oder in der Luft- und Raumfahrt beschränkt. Im Jahr 2013 wurden in Deutschland die ersten Serien-PKW mit Carbonfasern gefertigt (BMW i3).

Um den Einsatz dieser Leichtbauteile zu erhöhen und zum Beispiel auf Serienfahrzeu-

ge im unteren Preissegment auszuweiten, müssen Carbonfasern in großen Mengen zu günstigen Preisen zur Verfügung stehen.

Für die Herstellung von Carbonfasern werden zunächst kohlenstoffhaltige Vorstufenfasern erzeugt. Als Grundstoff dienen zu Zeiten der Entwicklung erster Anwendungen von Carbonfasern im 19. Jahrhundert Bambusfasern. Heute werden die Vorfaser überwiegend aus Polyacrylnitril (PAN) aber auch Öl- oder Kohlelepech oder regenerierter Zellulose (Rayon) gewonnen.

Ein neuer Ansatz ist die Herstellung von Carbonfasern aus Kraft-Lignin, einem Nebenprodukt der Zellstoff- und Papierindustrie, das jährlich in großen Mengen anfällt und bisher überwiegend zur Wärme- und Stromgewinnung verbrannt wird. Bei dieser Methode wird das vorgereinigte Kraft-Lignin mit einem (Bio-)Polymer als Hilfsstoff aus der Schmelze zu Fasern gesponnen und auf Spulen gewickelt.

Die Fasern, die zuvor in einen nicht schmelzfähigen Zustand versetzt wurden (Thermostabilisierung), werden bei hohen Temperaturen (1.300–1.500 °C) unter Schutzatmosphäre „carbonisiert“. Dabei verdampfen die meisten enthaltenen Substanzen, zurück bleibt Kohlenstoff mit einer Reinheit von über 90 %. Je nach angestrebten technischen Eigenschaften können die Fasern dann noch „graphitisiert“ werden (bei Temperaturen über 1.800 °C). Hierdurch wird die Anordnung in einer Kohlenstoff-Kristallstruktur bewirkt, die verbesserte Festigkeitswerte zur Folge hat. Um gute

Qualitäten zu erhalten, müssen die Vorfaserer einen hohen Gehalt an Kohlenstoff und wenige Verunreinigungen aufweisen, um eine möglichst gleichmäßige innere Struktur mit wenigen Fehlstellen zu erreichen.

Bis jetzt weisen die auf Basis von Kraft-Lignin hergestellten Kohlenstofffasern etwas geringere Festigkeitswerte auf als die herkömmlich aus fossilen Rohstoffen, allerdings deutlich bessere als Glasfasern.

Da es sich bei Lignin um ein preisgünstiges, großvolumiges Nebenprodukt handelt, wird bei entsprechender Prozessoptimierung und Ausstoßmenge eine erhebliche Kostenreduktion erwartet, womit auch Märkte in unteren Preissegmenten erschlossen werden könnten.

4 HERSTELLUNGSVERFAHREN – VIELE OPTIONEN FÜR BIOVERBUNDWERKSTOFFE

4.1 Form- und Fließpressen mit Naturfasern – ein neuer, attraktiver Werkstoff

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

Formpressen – die Grundidee

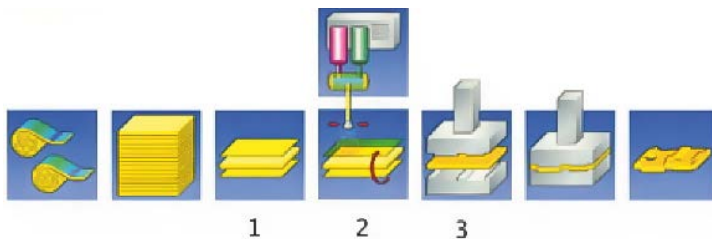
Von der Vielzahl spezieller Verfahren des Formpressens sollen hier einige typische Prozessketten aufgezeigt werden. Das Vorprodukt, in der Fachsprache auch Halbzeug genannt, ist ein Naturfaservlies oder -filz. Zusammen mit dem gewünschten Kunststoff wird das textile Halbzeug in eine offene Form geführt, erhitzt und unter Druck gepresst. Das so entstandene „Formpressteil“ wird aus der Form gelöst und die Ränder beschnitten. Man spricht von Formpressen im Gegensatz zum Fließpressen, wenn es zu keinem Fließen von Fasern und Kunststoff im Werkzeug kommt. Prozessbedingt können durch Pressvorgänge nur „einfache“ dreidimensionale Teile gefertigt werden. Komplexe, nahezu beliebige dreidimensionale Teile wie beim Spritzgießen, sind beim Formpressen nicht darstellbar.

Beim Formpressen kommen sowohl duroplastische als auch thermoplastische Matrices zum Einsatz. 45 % der für die europäische Automobilindustrie produzierten Naturfaserformpressteile besitzen eine duroplastische und 55 % eine thermoplastische Matrix. Beide NF-Formpressvarianten liefern mechanisch stark belastbare, aber leichte Bauteile. Typische Anwendungen reichen von Türinnenverkleidungen, Hutablagen, Kofferraumauskleidungen, Reserveradmulden und Säulenverkleidungen bis hin zum Armaturenbrett. Auch für den Außenbereich wurden bereits erste Bauteile (z. B. als Unterboden) in Serie produziert.

Und schließlich sind – zumindest bei komplexen, hochwertigen Türkonstruktionen in der Mittel- und Oberklasse – auch die Produktionskosten konkurrenzfähig. Und das, obwohl ein Formpressteil aufwändiger zu produzieren ist als ein reines Kunststoffteil. Betrachtet man aber die Gesamtkonstruktion der Tür, so kann das NFK-Material punkten, weil sich bei der Produktion von Naturfaserformpressteilen mehrere Arbeitsschritte zu einem zusammenfassen lassen. So können schon im Formpressprozess Halteelemente angebracht und Kaschierung aufgelegt werden, Folgearbeiten entfallen daher (One-Shot-Verfahren).

Duroplastisches Formpressen

Bei einem Formpressverfahren mit duroplastischer Matrix (s. Abb. 4.1) werden die



© Hennecke GmbH

- 1 Vortrockner
- 2 Auftragseinheit mit Hochdruckdosiermaschine mit speziellen Druckknöpfen
- 3 beheizte Presse

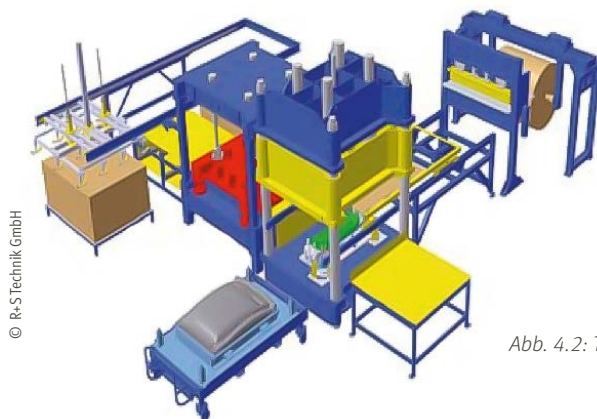
Abb. 4.1: Fertigungsprinzip Nafpur-Tec-Verfahren für Polyurethan (Duroplast)

zugeschnittenen Naturfaserhalbzeuge in der Beschichtungskabine von zwei Hochdruckmischköpfen innerhalb von 10 bis 25 Sekunden auf Vorder- und Rückseite mit einem duroplastischen Kunststoff, wie z. B. Polyurethan, beschichtet und anschließend in einer Metallform aus Aluminium oder Stahl bei einem Schließdruck von 20 bar und einer Werkzeugtemperatur von über 120 °C verpresst. Die Wanddicken liegen zwischen 1,5 und 2,0 mm, der Naturfaseranteil kann zwischen 40 und 70 % gewählt werden.

Thermoplastisches Formpressen

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

Wie in Abbildung 4.2 dargestellt, werden die Sandwichvliese (braun) auf einer Palette angeliefert, zur rot gekennzeichneten



© R+STechnik GmbH

Abb. 4.2: Thermoplastisches Formpressen

Kontaktheizung transportiert und erwärmt. Zusammen mit dem von der Rolle rechts zugeführten Dekor wird das Vlies oder der Filz dann in Formpresse auf das grün gekennzeichnete Werkzeug aufgebracht, geformt, gepresst und mit dem Dekor verklebt. Das Endprodukt ist grau dargestellt.

Der schmelzende Thermoplast, wie z. B. Polypropylen, formt die gewünschte Struktur und verklebt das Werkstück mit dem Dekor-teil. Das Fertigteil muss nun nur noch mit einem Laser beschnitten werden.

Der große Vorteil dieses Verfahrens: In einem Pressvorgang können komplette Innenverkleidungsteile inklusive Dekor und Schaumstoff sowie Soft-Touch-Oberfläche ohne Einsatz von Klebstoffen hergestellt und sogar mit Halterungs- und Befestigungselementen versehen werden. Aber auch im Two-Step-Verfahren gelingt die Kaschierung besonders leicht, da die Naturfaserteile luftdurchlässig sind.

Neue Entwicklungen zeigen gänzlich unkaschierte Naturfaserteile, die lediglich mit einer dünnen, transparenten oder auch farbigen Folie oder einem Lack geschützt sind. Eine solche Fertigung ist nur bei einer sehr hohen Homogenität der Natur- oder Holzfasern, wie z. B. Schäbenfreiheit, möglich. Bisher hat es noch kein unkaschiertes Bauteil in die Serie geschafft.

Wachsendes Interesse dank deutlich reduzierter Flächengewichte

In den letzten Jahren gab es erhebliche Fortschritte beim Flächengewicht von Na-

turfaser-Formpressteilen, die diese sehr attraktiv für den Leichtbau machen. Während typische GFK für Türinnenverkleidungen Flächengewichte von etwa 2.200 g/m² zeigen, kommen thermoplastisch gebundene Naturfaser-Formpressteile heute schon auf nur 1.800 g/m², mit Haftvermittlern sind sogar 1.500 g/m² möglich. Mit Duroplasten werden heute schon 1.400 g/m² realisiert. Das Entwicklungsziel sind 1.000 g/m², manche Experten halten sogar 800 g/m² für erreichbar.

Diese geringen Flächengewichte erklären, warum in neuen Automodellen verstärkt Naturfaser-Formpressteile zu finden sind, denn diese Leichtbaulösungen ermöglichen weitere Einsparungen beim Kraftstoffverbrauch und sind somit auch für die Elektromobilität sehr interessant.

Fließpressen

Beim Fließpressen wird aus Naturfasern oder Naturfaserhalbzeugen und einem duro- oder thermoplastischen Kunststoff zunächst eine sogenannte Pressmasse produziert. In das Werkzeug eingebracht wird sie unter Druck- und Hitzeeinwirkung geformt. Bei Drücken von 60 bis 70 bar und Temperaturen von 130 °C bis 150 °C fließt das Harz-Faser-Gemisch in alle Konturen des Werkzeugs, reagiert der duroplastische Matrixwerkstoff und härtet aus. Thermoplaste dagegen werden auf ca. 180 °C erhitzt und härten bei der Abkühlung. Mit diesem Verfahren lassen sich hochfeste, große Bauteile mit unterschiedlichen Wanddicken herstellen. Durch das Fließen der Pressmasse können auch

komplexere dreidimensionale Körper als beim Formpressen hergestellt werden. Als erster naturfaserverstärkter, thermoplastischer Verbundwerkstoff für den Außenbereich wurde über mehrere Jahre eine PKW-Unterbodenverkleidung in Serie produziert (A- und B-Klasse Mercedes).

Formpressen für Tablett, Koffer und Möbel

Was sich im Automobilbau bewährt hat, ist grundsätzlich auch für andere Branchen interessant. Dennoch gibt es bis heute nur wenige Anwendungen der Naturfaser-Formpresstechnik außerhalb der Automobilbranche.

Dort, wo zweidimensionale oder einfache dreidimensionale Bauteile mit geringer Masse und hoher Festig- und Steifigkeit benötigt werden, können die Naturfaser-Formpressteile eine attraktive technische Lösung darstellen, wobei sich die Naturfaseroptik hier sogar zusätzlich als besonderes Designelement einsetzen lässt. Dies gilt für transparente und weiße ebenso wie auch für farbige Kunststoffe.



Hemp Chair von Werner Aisslinger

Bereits seit einigen Jahren gibt es Geigen- und Gitarrenkoffer, aber auch Aktenkoffer aus Naturfaserwerkstoffen auf Basis von Hanf, Kenaf und Polypropylen. Gemeinsam sind diesen Produkten das niedrige Gewicht und die gleichzeitig große mechanische Belastbarkeit.

Im Jahr 2011 wurde der „Hemp Chair“ auf der Mailänder Möbelmesse vorgestellt. Hanf und Kenaf bilden die Basis für den Verbundwerkstoff, der durch Verpressen



Geigenkoffer aus Naturfasern

mit einem wasserbasierten Duroplast seine hohe mechanische Belastbarkeit erhält. Die Technologie, die in der Automobilproduktion etabliert ist, wurde bisher bei der Möbelherstellung noch nicht genutzt, könnte aber in vielen Anwendungen zum Einsatz kommen.

Ökologische Bewertung von Naturfaser-Formpressteilen

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

In den letzten Jahren wurden in Deutschland eine Reihe von Sach-, Energie- und Ökobilanzen erstellt, die Naturfaser-Formpressteile mit bisherigen Werkstofflösungen verglichen. In praktisch allen Fällen schnitten die NFK besser ab.

Eine Meta-Analyse bestehender Ökobilanzen aus dem Jahr 2011 [6] bestätigt positive Eigenschaften der Naturfaser-Formpressteile. Alle analysierten Studien zeigten klare Einsparungen für die Hanffaser-Formpressteile im Energiebedarf und den Treibhausgasemissionen im Vergleich zu ihren petrochemischen bzw. mit Glasfasern verstärkten Gegenständen.

Abbildung 4.3 zeigt die Ergebnisse für den Energiebedarf fünf unterschiedlicher Hanffaser-Materialien aus unterschiedlichen Ökobilanz-Studien. Von der Wiege bis zum Fabrikator der Autofabrik verbrauchen Hanffaser-Formpressteile zwischen 25 und 75 % weniger

Energie als ihre konventionellen Gegenstücke. Das sind beachtliche Werte, die nur von wenigen Biowerkstoffen erreicht werden. Bezogen auf die Einsparung von Treibhausgasen liegen die Werte zwischen 12 und 55 %. Bezieht man zudem den CO₂-Speichereffekt der Naturfaser-Bauteile mit ein, so ergeben sich sogar Einsparungen zwischen 28 und 74 %.

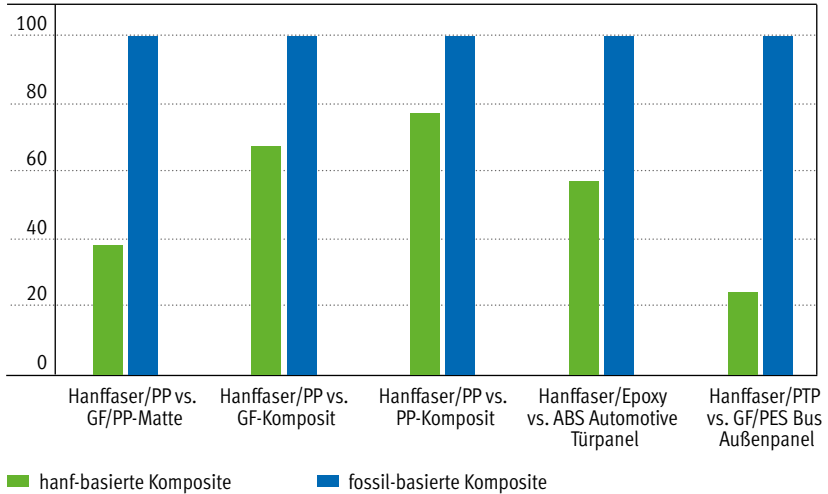
Noch weitaus mehr Energie lässt sich während der Laufzeit des Fahrzeugs einsparen. Da die Verkleidungen aus Naturfasern leichter sind als beispielsweise aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK), benötigt das Fahrzeug auch weniger Kraftstoff. Und auch nach der Nutzungsphase werden geschlossene Kreisläufe und optimale Verwertungs- und Entsorgungsoptionen angestrebt, um den gespeicherten biobasierten Kohlenstoff und die enthaltene Energie so lange wie möglich zu nutzen.

Ist ein Recycling nicht mehr möglich, werden die NFK-Teile meist einer energetischen Verwertung zugeführt, wobei dies für den Naturfaseranteil – und im Falle einer biobasierten Matrix auch für diesen Teil – weitgehend CO₂-neutral erfolgt.

Bei thermoplastischem Spritzgießen (s. Kap. 4.3) können die NFK-Bauteile sogar stofflich wiederverwertet werden. Aus dem Altmaterial kann in einem Rezyklierungsprozess neues Granulat hergestellt werden; bei Naturfasern leidet der Werkstoff hierbei weniger als bei Glasfasern.

KUMULIERTER ENERGIEAUFWAND FÜR DIE HERSTELLUNG UNTERSCHIEDLICHER HANFFASER-FORMPRESSTEILE

Energiebedarf in %: fossil- und hanf-basierte Komposite im Vergleich



Quelle: Haufe & Carus (2011)

© FNR 2015

Abb. 4.3: Kumulierter Energieaufwand (KEA) für die Herstellung unterschiedlicher Hanffaser-Formpress-teile aus unterschiedlichen Ökobilanz-Studien

4.2 WPC-Extrusion – Erfolgsge-schichte in der Bauindustrie

Auch Holz-Polymer-Werkstoffe (Wood-Plastic-Composites, WPC) können mithilfe unterschiedlicher Produktionsverfahren hergestellt werden, u. a. mit Formpressen (s. Kap. 4.1), Spritzgießen (s. Kap. 4.3) und Extrusion („Strangpressen“).

Abbildung 4.4 zeigt die Anteile der unterschiedlichen WPC-Produktionsverfahren, wobei die Extrusion mit etwa 80 % deutlich dominiert. Das erfolgreichste WPC-Produkt

sind extrudierte Terrassendielen („Deckings“). An zweiter Stelle folgt das Formpressen, das vor allem im Automobilbereich eine Rolle spielt, und erst an dritter Stelle das Spritzgießen für technische und Konsumgüterartikel jeglicher Art.

Mit dem Beginn der Produktion von WPC-Bodendielen betraten sowohl die Holz- als auch die Kunststoffindustrie Neuland:

- Werkstoff Holz(mehl) mit seinen Qualitätsschwankungen, Staub- und Feuchteproblemen war der Kunststoffindustrie fremd, bot aber Preisvorteile,

- Produktion von WPC auf Extrudern, den Standardmaschinen der Kunststoffindustrie, war der Holzindustrie fremd und verglichen mit der Produktion von Holzplattenwerkstoffen langsam und teuer.

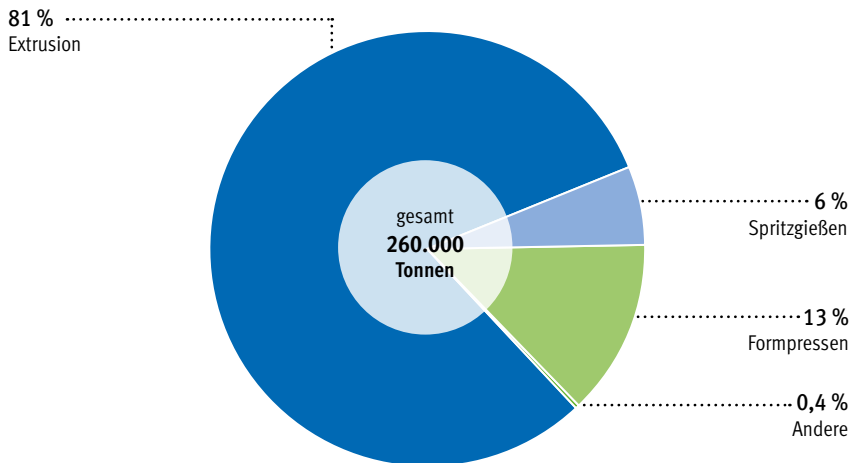
In den letzten zehn Jahren ist es gelungen, beide Industrien erfolgreich zusammen zu bringen, Know-how zu entwickeln und Erfahrungen zu sammeln. Heute findet sich eine Vielzahl an hochwertigen extrudierten WPC-Produkten am Markt, die aus beiden Roh- und Werkstoffen das Beste gemacht haben. Der Kunststoff macht WPC haltbar, pflegeleicht und formbar, das Holz sorgt für angenehme Optik und Haptik sowie hohe biobasierte Anteile.

Grundprinzip

Bei der Extrusion wird das aufgeschmolzene Holz-Kunststoff-Additiv-Gemisch in einem kontinuierlichen Verfahren bei 100 bis 300 bar durch eine Düse und anschließend ein Werkzeug gepresst. Holzfüllgrade bis ca. 80 % sind ebenso möglich wie eine Direkt-Extrusion.

Im Extruder wird der für das Durchfließen der Düse notwendige Druck aufgebaut. Nach dem Austreten aus der Düse erstarrt das Holz-Kunststoff-Additiv-Gemisch in einer Kalibrierung. Der Querschnitt des so entstehenden geometrischen Körpers entspricht annähernd dem verwendeten Profil-

WPC-PRODUKTIONSPROZESSE IN EUROPA 2012



Quelle: Carus & Eder et al. (2015)

© FNR 2015

Abb. 4.4: WPC-Produktionsprozesse in Europa 2012

werkzeug, da nur ein geringer thermischer Schrumpf berücksichtigt werden muss.

Im Extrusionsverfahren lassen sich beliebige Querschnitte in einem Fertigungsschritt ohne Nacharbeit herstellen. Dadurch sind im Vergleich zur Herstellung von Profilen aus Vollholz in der Fertigung Materialersparnis und damit Kostenvorteile erzielbar.

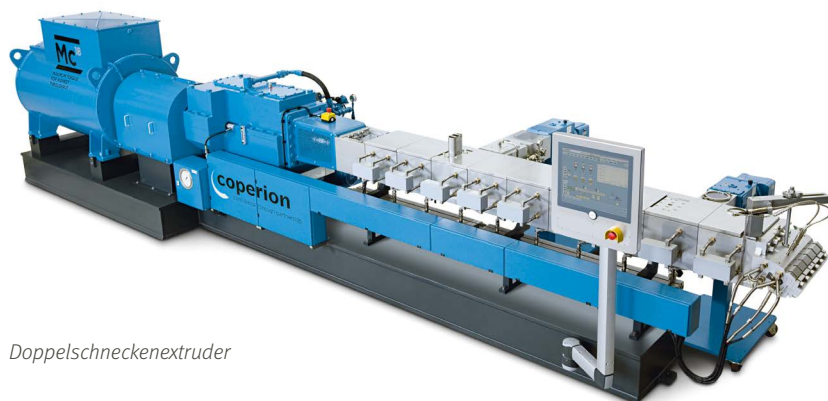
Im Gegensatz zum Spritzgießen, mit dem die Produktion komplexer dreidimensionaler Teile möglich ist, können mit dem Extrusionsverfahren nur lineare dreidimensionale Produkte, wie vor allem Profile, hergestellt werden.

Die häufigste Form der Extrusion stellt die „Inline-Extrusion“ bzw. „Direkt-Extrusion“ dar, bei der in einem durchgängigen Prozess die Holzfasern, Kunststoffe und Additive direkt gemischt und extrudiert werden. Hierdurch wird die Gefahr einer Schädigung der Begleitstoffe der Holzfasern verringert, da nur eine einmalige Erhitzung erfolgt.

Im Gegensatz dazu spricht man von zweistufigen Extrusionsverfahren, wenn einge kaufte WPC-Granulate als fertige Mischungen aufgeschmolzen und extrudiert werden oder ein zusätzlicher Compoundierschritt eingeschaltet wird. Ein zweistufiges Verfahren kann die Materialeigenschaften verbessern und auch zeitlich getrennt erfolgen.

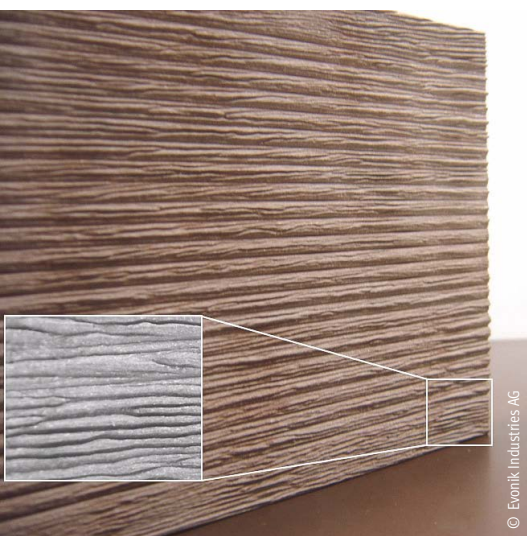
Im Jahr 2014 wurde erstmalig ein WPC auf Basis von Polymethylmethacrylat PMMA (Plexiglas®) am Markt eingeführt. Hierzu waren erhebliche prozesstechnische Entwicklungen erforderlich, da PMMA erst bei Temperaturen verarbeitbar ist, bei denen es leicht zu Schädigungen der Holzpartikel kommt. Das PMMA-WPC weist bereits ohne Additive eine besonders hohe Witterungs- und UV-Beständigkeit auf sowie für WPC ungewöhnlich gute mechanische Werte, die denen von Vollholz (Fichte) ebenbürtig sind.

Ein Anwendungsbeispiel aus dem Möbelbereich ist das Montageprofil-System NFC der Firma Hiendl. Der Werkstoff besteht zu 70 % aus Holz und 30 % Polypropylen und



Doppelschneckenextruder

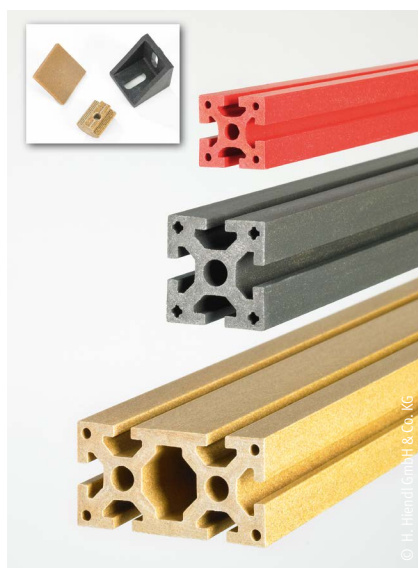
© Coperion GmbH



PMMA-WPC (PLEXIGLAS®) Wood Terrassenpaneel mit Strukturierung

kann sowohl extrudiert (bei den Montageprofilen) als auch im Spritzgießverfahren (für Zubehör zum Profilsystem, wie z. B. Endkappen oder Winkelverbinder) verarbeitet werden. Die Montageprofile eignen sich für vielfältige Anwendungen im industriellen Bereich oder auch im privaten (Hobby-) Bereich und sind kompatibel zu den gängigen Aluminiumprofilen.

Mit dem WOPEX hat die Firma STAEDTLER Mars einen Bleistift auf den Markt gebracht, dessen Schaft aus einem extrudierten Holz-Polymer-Werkstoff mit einem Holzanteil von 70 % (Holzfasern aus PEFC-zertifiziertem deutschem Sägereistholz) besteht. Als Mine kommen Graphite mit Zugabe von sehr spröden Kunststoffen und Stearaten (Seifen) zum



Montageprofil-System aus NFC

Einsatz. Die Oberfläche besteht aus einem haptisch weichen Polymergemisch. Alle Materialien werden bei Temperaturen von 130 bis 180 °C aufgeschmolzen und dann gemeinsam einem Coextrusionskopf zugeführt, in dem die einzelnen Schmelzströme in der korrekten Menge und Positionierung zueinander gerichtet werden.

Der Produktionsprozess ist nicht nur technisch interessant, sondern kann zudem mit einer Reihe von Vorteilen aufwarten: Die Prozesskette ist gegenüber konventionellen Stiften stark verkürzt, der Rohstoff Holz wird erheblich effizienter eingesetzt (bei konventionellen Bleistiften bis zu 80 % Holzverschchnitt) und auch der Energieeinsatz wurde verringert.

4.3 Naturfaserspritzgießen – ein Bereich mit großem Marktpotenzial

Im Jahr 2012 wurden noch über 95 % aller NFK mittels Form- und Fließpresstechnik hergestellt. Mit der nun serienreifen Naturfaserspritzgießtechnik könnten sich die Anteile ändern.

Ein großes Marktpotenzial liegt auch hier in der Automobilindustrie. Dort werden viele Innen- und Außenteile im Großserien-Spritzgießen produziert. Zur Verstärkung der Kunststoffe können neben Glasfasern auch Natur- und Holzfasern eingesetzt werden. Hierbei wird ein Granulat aus Kunststoff und Natur- und Holzfasern hergestellt und auf marktüblichen Spritzgießmaschinen verarbeitet.

Einige Innenraumteile wie Handschuhfächer (Audi A2) oder Sitzhaken (Mercedes S-Klasse) werden bereits auf diese Weise hergestellt.

Grundprinzip

Beim Spritzgießen, oft umgangssprachlich auch als Spritzguss bezeichnet, wird die aufgeheizte Formmasse aus meist granuliertem thermoplastischem Kunststoff (ggf. mit Fasern und Additiven) in der Spritzgießmaschine direkt zu einem – oft schon gebrauchsfertigen – Formteil spritzgegossen. Dies geht schnell und ist in Massenproduktion sehr kostengünstig. Die Oberfläche des Formteils entspricht der Werkzeuginnenfläche, so lassen sich auch Strukturen und Informationen übertragen. Durch die hohe Passgenauigkeit der spritzgegossenen Teile ist eine Nachar-

beit nicht oder nur in geringem Umfang erforderlich, was zusätzliche Kosten spart.

Naturfasergranulat

Ein typisches Naturfasergranulat für das Spritzgießen besteht aus ca. 30 % Naturfasern, 65 % thermoplastischem Kunststoff und 5 % Additiven und Haftvermittler. Statt eines mineralölbasierten Kunststoffes können auch thermoplastische Biokunststoffe wie Stärkeblends, Polymilchsäure (PLA) oder Lignin Verwendung finden. Im Extruder werden die Einzelkomponenten bei maximal 180 °C heiß vermischt, granuliert und abgekühlt. Die technische Herausforderung besteht dabei in der gleichmäßigen Zufuhr der Naturfasern bzw. Naturfaserbänder oder -pellets.



Hanfaserpellets zur besseren Dosierung von Naturfasern zur Extrusion von PP-NF-Granulaten

Inzwischen konnte ein neues Pelletierverfahren entwickelt werden, das die direkte Erzeugung von spritzgießfähigem Naturfasergranulat ermöglicht. Mit diesem Verfahren können sehr lange Naturfasern eingearbeitet werden.



Spritzgießgranulat aus Naturfasern, Polypropylen und Haftvermittlern

Nur wenn Naturfasergranulat auf bestehenden Spritzgießmaschinen ohne oder nur mit geringen Modifikationen verarbeitet werden kann, lässt es sich gut vermarkten.

Materialeigenschaften

Naturfaserspritzgießprodukte sind in Preis und Qualität anderen etablierten Werkstoffen gleichwertig. Daher stellen sie für viele Anwendungen eine interessante Alternative dar. Der Werkstoff ist auch bei geringer Dichte zugfest und steif und bietet sich für den Leichtbau im Automobil, bei Möbeln oder auch bei Transportverpackungen an.

Die Eigenschaften der Polypropylen-Naturfaserverwerkstoffe (PP-NF) unterscheiden sich je nach Produzenten erheblich. Von besonderer Bedeutung ist die Geometrie der Naturfasern im Granulat bzw. Endprodukt. Untersuchungen zeigen, dass das Verhältnis der Länge zum Durchmesser der Faser der wichtigste Parameter ist („Schlankheitsgrad“). Im Idealfall liegt er deutlich über 50:1, aber auch mit 10:1 bis 20:1 wurden schon gute bis sehr gute Verstärkungswirkungen erzielt.

Abbildung 4.5 zeigt Steifigkeit und Zugfestigkeit von Spritzgießwerkstoffen mit Polypropylen (PP), PP und Talkum (PP-T), PP und Holzfasern (WPC), PP und Bastfasern (wie Hanf, Flachs, Jute, Kenaf) sowie PP und Glasfasern (PP-GF). Man sieht deutlich die zunehmend besseren mechanischen Werte in der Reihenfolge PP-T, PP-Holz, PP-Bastfasern und schließlich PP-Glasfasern. Preislich ordnen sich die Werkstoffe ebenfalls in dieser Reihenfolge an.

Schaut man sich weitere mechanische Eigenschaften an, so zeigen Holz- und Bastfaser-Spritzgießteile Vorteile wie geringere Dichte, geringe Schwindung und höhere Temperaturbeständigkeit, haben aber Schwächen bei der Schlagzähigkeit. Diese können durch zusätzliche elastische Fasern verbessert werden (z. B. Baumwolle oder Kokosfasern bzw. synthetische Fasern).

4.4 Resin-Transfer-Moulding (RTM) – für hochbelastete Naturfaser-Bauteile

Ein wichtiges Verfahren zur Produktion hoch belastbarer Naturfaser-Bauteile ist das RTM-Verfahren, das sich sowohl für manuelle Kleinserien als auch für die automatisierte Serienproduktion eignet.

Das Harzinjektionsverfahren RTM (Resin-Transfer-Moulding) beruht auf der Verwendung von trockenen Faserhalbzeugen, die über ein im Werkzeug anliegendes Druckgefälle imprägniert werden. Insbesondere für die Herstellung flächiger Bauteile in

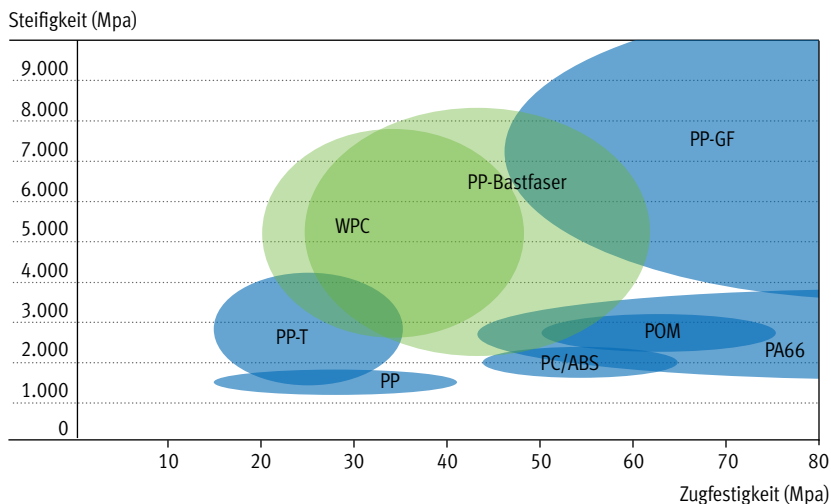
kleinen und mittleren Serien hat sich das RTM-Verfahren bewährt und kann ein breites Bauteilspektrum abdecken.

Der Ablauf des RTM-Prozesses lässt sich in vier Prozessschritte unterteilen. In ein meist zweigeteiltes Werkzeug werden ungetränkte Verstärkungsfasern in Form eines Vorformlings eingelegt. Nach dem Schließen des Werkzeugs wird das reaktive Harzsystem über den Anguss volumenstrom- und druckkonstant in das Formnest injiziert. Bei der Injektion durchströmt das Harz die Faserlagen und tritt nach der Durchtränkung an den Entlüftungen (Steigern) aus.

Anschließend werden nach evtl. Spülvorgängen die Entlüftungen verschlossen und falls nötig ein Nachdruck über ein außerhalb des Werkzeugs befindliches Harzreservoir bis zur vollständigen Aushärtung des Harzes angelegt. Nach der Aushärtung des Bauteils kann dieses im letzten Schritt aus dem Werkzeug entnommen werden.

Die holländische Firma NPSP ist in Europa Marktführer beim Einsatz von Naturfasern im RTM-Verfahren. Die Firma stellt mit dieser Technologie bereits eine Vielzahl von Produkten her, wie z. B. Boote, Design-Möbel (Tische und Stühle sowie Waschbecken),

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN VERSCHIEDENER SPRITZGIEß-WERKSTOFFE



Quelle: Carus & Eder et al. (2015)

© FNR 2015

Abb. 4.5: Mechanische Eigenschaften verschiedener Spritzgieß-Werkstoffe
(PC/ABS: Polycarbonate/Acrylnitril Butadien Styrol / POM: Polyoxymethylen)



© NPS Compositen B. V. (2011)

RTM-Stuhl

Fahrradwegweiser, Radargehäuse und die Frontpartie eines Schnellzugs.

Während das RTM-Verfahren bislang auf hochwertige Kleinserien beschränkt war, gibt es mittlerweile erste Maschinenbauunternehmen, die das RTM-Verfahren automatisiert haben und durch die entsprechenden Kostenreduzierungen auch größere Serien in Aussicht stellen.

4.5 Weitere Verfahren für neue Anwendungsfelder

Die bisher vorgestellten Produktionsverfahren – Formpressen, Spritzgießen und Extrusion – sind, mit Ausnahme des Resin-Transfer-Moulding, Verfahren zur kosteneffizienten Massenproduktion, die sich auch für die neuen Bioverbundwerkstoffe bereits in der Serie bewährt haben. Gleichzeitig haben diese Verfahren den Nachteil,

dass sie die Potenziale der Naturfasern für hoch belastbare Bauteile nur ungenügend ausschöpfen können. Diese Potenziale lassen sich nur begrenzt mit technischen Kurzfasern, Naturfaser-Vliesen und -Filzen nutzen. Hohe mechanische Anforderungen sind das Einsatzgebiet für modifizierte Naturfasern, Langfasern, Fasergelege, Garne und Gewebe.

Wollen sich naturfaserverstärkte Kunststoffe in den nächsten Jahren neue Anwendungsfelder erschließen, müssen neue Verfahren entwickelt und erprobt sowie technisch und ökonomisch optimiert werden.

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

Für Kleinserien auch großer Teile ist das Handlaminieren geeignet. Zunächst wird für die spätere Bauteilgeometrie eine Form aus Holz oder ähnlichen Materialien gefertigt, auf die das Laminat aufgebracht wird. Das Laminat besteht aus einer duroplastischen Matrix und Geweben, Fasergelegen oder Filzen aus Naturfasern. Mit diesem Verfahren wurden bereits Helme, Boote und auch Skateboards oder Smartphone-Hüllen produziert. Gerade in Frankreich, Belgien und Großbritannien laufen etliche Projekte, um diese Verfahren industriell umzusetzen und damit die Produktionskosten zu senken.

In Deutschland arbeitet das Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Aachen mit Naturfaserhalbzeugen wie Unidirektional- und Multiaxialgelegen und Duroplasten. Ziel ist die Entwicklung automatisierter Pressverfahren zur Großserienfertigung von belastungsgerecht verstärkten Bauteilen in Zykluszeiten unter 10 Minuten.

Weitere Chancen bietet die Modifikation der Naturfasern. Mit fibrillierten (zerfaserten und damit verfeinerten) Naturfasern lassen sich stabilere Werkstoffe herstellen. Teilweise werden doppelt so hohe Kennwerte erreicht, die denen glasfaserverstärkter Teile entsprechen. Die Fibrillierung kann dabei mechanisch, physikalisch-chemisch (Dampfdruck- oder Ultraschall-Aufschluss) oder auch enzymatisch erfolgen. Hier ist nicht nur Forschung notwendig, der Prozess der Verfeinerung muss außerdem noch preiswerter werden.

5 ANWENDUNGEN UND MARKTZAHLN

5.1 Bioverbundwerkstoffe – aktuelle Marktsituation

Bioverbundwerkstoffe haben in Europa im Jahr 2012 bereits ein Marktvolumen von 352.000 t erreicht und stellen damit die wichtigste Gruppe der neuen Biowerkstoffe dar (s. Tabelle 5.1). Allerdings ist davon nur ein kleiner Teil vollständig biobasiert, im Regelfall wird die Kunststoffmatrix noch auf Basis erdölbasierter Polymere hergestellt.

WPC stellen mit 260.000 t die größte Gruppe der Bioverbundwerkstoffe. Innerhalb der WPC entfällt die Hauptproduktionsmenge auf die meist extrudierten Terrassen-Bodendielen, gefolgt von automobilen Innenteilen (Formpressen, Extrusion & Thermoformen) und extrudierten Zäunen und Fassadenelementen. Die Bereiche Möbel, technische Produkte und der Konsumgüterbereich (meist Spritzguss) bleiben dagegen noch relativ klein.

TAB 5.1: PRODUKTION VON BIOVERBUNDWERKSTOFFEN – NFK UND WPC

in Europa, im Vergleich zu Glas- und Carbonfaser-verstärkten Verbünden (Angaben in Tonnen)

WPC	260.000
Terassendielen	174.000
Automobil	60.000
Fassadenverkleidungen	16.000
Technische Anwendungen	5.000
Möbel	2.500
Konsumgüter	2.500
NFC	92.000
Automobil	90.000
Andere	2.000
Gesamtvolumen Bioverbundwerkstoffe (WPC und NFC)	352.000
Anteil	15 %
Verbundwerkstoffproduktion in der Europäischen Union Gesamtvolumen (Glas, Carbon, WPC und NFC)	2,4 Millionen

Quelle: Carus & Eder et al. (2015)

Bei den Naturfaserverbünden, mit insgesamt 92.000 t, dominieren die automobilen Innenbauteile mit einem Anteil von über 95 %. Die eingesetzte Prozesstechnologie ist fast ausschließlich das Formpressen.

5.2 Naturfaser- und holzfaserverstärkte Kunststoffe in der europäischen Automobilindustrie

In Europa wurden 2012 150.000 t Bioverbundwerkstoffe im Automobilbereich eingesetzt, davon 60.000 t auf Basis von Naturfasern (vor allem Bastfasern), 60.000 t auf Basis von Holzfasern und 30.000 t mit rezyklierten Baumwollfasern. Der Baumwoll-

anteil ist in den letzten Jahren mit dem Rückgang der europäischen Textilindustrie kontinuierlich gesunken, während Natur- und Holzfaserverbünde weiter gewachsen sind. Wie Tabelle 5.2 zeigt, wurden für die Produktion der 150.000 t Bioverbundwerkstoffe 80.000 t Natur- und Holzfasern verwendet.

Die neuen Naturfaserwerkstoffe ersetzen dabei einerseits „alte“ Naturfaserwerkstoffe, wie phenolharzgebundene Holz- und Baumwollfaserwerkstoffe (wegen niedrigerer Fogging-Werte), vor allem aber Kunststoffbauteile aus Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS) und einer Mischung aus Polycarbonat und ABS (PC/ABS). Auch Glasfaser-Polypropylen-Bauteile werden in einigen Anwendungen substituiert.

TAB 5.2: BIOVERBUNDWERKSTOFFE MIT NATUR-, HOLZFASERN U. BAUMWOLLREZYKLATEN
in der europäischen Automobilproduktion

Bioverbundwerkstoffe	Faservolumen 2012 in Tonnen	Volumen Bioverbundwerkstoffe 2012 in Tonnen	Fertigungstechniken	Matrizen
NFC	30.000	60.000	95 % Formpressen, 5 % Spritzguss & Sonstiges	55 % Thermoplast, 45 % Duroplast
WPC	30.000	60.000	45 % Extrusion & Thermoformung, 50 % Formpressen, 5 % Spritzguss & Sonstiges	Extrusion: 100 % Thermoplast, Formpressen: > 90 % Duroplast
Recycelte Baumwolle, faserverstärkte Kunststoffe	20.000	30.000	Hauptsächlich Formpressen	> 90 % Duroplast
Gesamt	80.000	150.000		

Quelle: Carus & Eder et al. (2015)

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

- Massereduktion durch geringes Flächengewicht,
- gutes Crashverhalten, gute Energieabsorption,
- einfache und kosteneffiziente Prozesse mit robusten Rezepturen, auch bei kleinen Stückzahlen,
- Nachhaltigkeit durch Ressourcenschonung und eine gute CO₂-Bilanz.

Interessant ist der Vergleich der Produktionskosten. Naturfaserwerkstoffe sind für sich genommen teurer als andere Werkstoffe, nicht aber als Gesamtsystem „hochwertige Tür“. Da die Verfahren mehrere

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

Rechnet man die Gesamtzahlen aus dem Jahr 2012 um, wurden in der europäischen Automobilindustrie pro PKW im Durchschnitt 1,9 kg Holz- und 1,9 kg Naturfaser – also insgesamt knapp 4 kg pro PKW – an Bioverbundwerkstoffen verbaut [3].

In Deutschland wurden bereits im Jahr 2005 3,6 kg Naturfasern pro PKW eingesetzt (ohne Holzfasern) [2]. Dies wundert nicht, da die deutsche Automobilindustrie Vorreiter beim Einsatz von Naturfasern in modernen Bioverbundwerkstoffen war und zudem über einen hohen Anteil an Mittel- und Oberklassefahrzeugen aufweist, die sich besonders für naturfaserverstärkte Kunststoffe eignen. Aktuellere Zahlen für Deutschland liegen nicht vor, es kann aber abgeschätzt werden, dass die Menge pro PKW etwa doppelt so hoch liegt wie im europäischen Durchschnitt. In verschiedenen deutschen Serienmodellen werden bereits 20 kg Naturfasern eingesetzt.

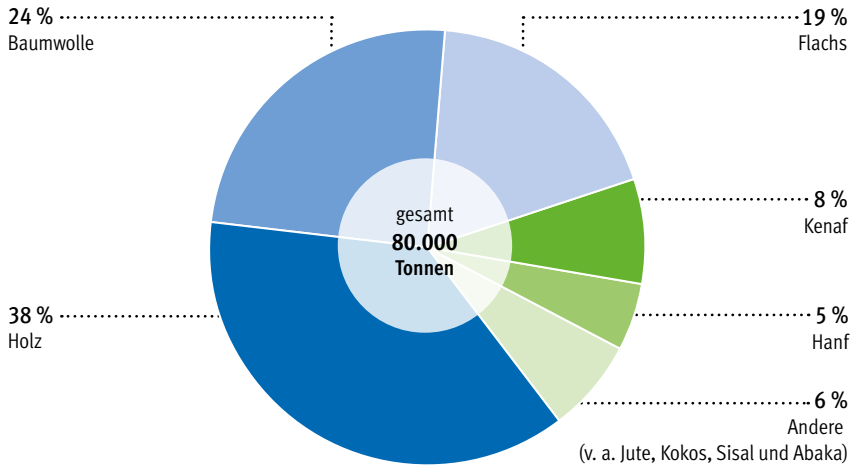
Welche Natur- und Holzfasern werden eingesetzt?

Die Abbildung 5.1 zeigt die Anteile der unterschiedlichen Natur- und Holzfasern, die in der europäischen Automobilproduktion im Jahr 2012 in Verbundwerkstoffen eingesetzt wurden [3]. Holzfasern haben den größten Anteil (38 %), gefolgt von Baumwollrezyklaten (24 %), Flachs (19 %), Kenaf (8 %) und Hanf (5 %).



Türinnenverkleidung aus einer Naturfasermatte, verfestigt mit einem duroplastischen Kunststoff

EINSATZ AN NATUR- UND HOLZFASERN IN VERBUNDWERKSTOFFEN



Quelle: Carus & Eder et al. (2015)

© FNR 2015

Abb. 5.1: Einsatz an Natur- und Holzfasern in Verbundwerkstoffen der Europäischen Automobilindustrie im Jahr 2012

5.3 Der WPC-Markt

Der Weltmarkt der WPC-Produktion wird von Nordamerika und China beherrscht, wie die Abbildung 5.2 zeigt. Dabei wird erwartet, dass der langjährige Marktführer Nordamerika (vor allem USA) bis 2015 von China überholt wird.

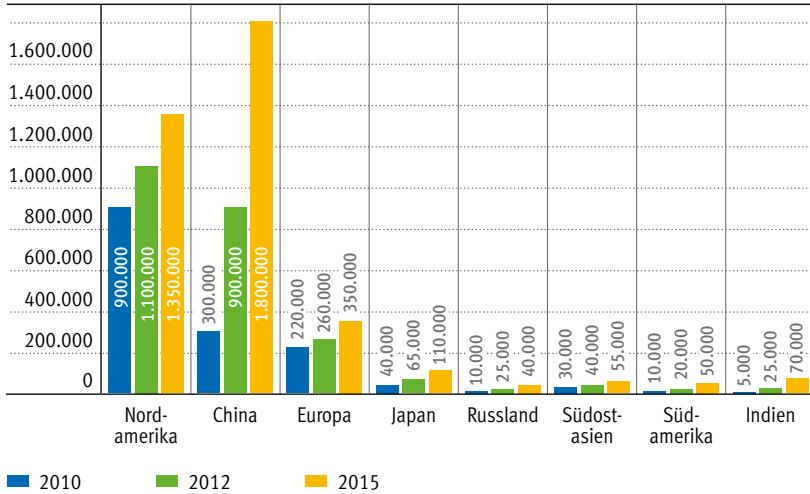
Während in den USA das Produktionsvolumen pro Unternehmen mit durchschnittlich 20.000 t/Jahr sehr hoch war (2012), produzierten in China im Jahr 2013 über 400 Unternehmen mit einem durchschnittlichen Produktionsvolumen von nur

ca. 2.000 t/Jahr. In Europa gab es 2012 62 WPC-Produzenten mit einem durchschnittlichen Produktionsvolumen von ca. 4.000 t/Jahr. Wichtigster WPC-Produzent in Europa ist Deutschland mit einem Marktanteil von 45 %, gefolgt von Frankreich und Benelux mit jeweils 20 % Anteil [3].

Insgesamt zeigen alle Weltregionen ein deutliches Wachstum in der WPC-Produktion, am stärksten in China und Indien. In den Marktprognosen für Nordamerika und Europa treten erste Sättigungseffekte auf und das bislang jährlich zweistellige Wachstum wird vermutlich unter 10 % sinken.

WELTWEITE PRODUKTION VON WPC 2010 UND 2012

Produktion von WPC in Tonnen



Quelle: Carus & Eder et al. (2015)

© FNR 2015

Abb. 5.2: Weltweite Produktion von WPC 2010 und 2012, Schätzung für 2015

Während in den USA und Europa vor allem Nebenprodukte der Sägeindustrie, hauptsächlich Sägemehl, als Rohstoffe für Holz-Polymer-Werkstoffe genutzt werden, setzt man in Asien alle möglichen lignozellulosehaltigen Nebenprodukte der Forst- und Agrarindustrie als Rohstoff ein, z. B. Reisschalen. Auch hinsichtlich der Kunststoff-Matrix unterscheiden sich die Regionen. Während in den USA recyceltes Polyethylen (PE) der wichtigste Kunststoff ist, waren dies in Europa lange Polypropylen (PP) und in Asien Polyvinylchlorid (PVC). Der Anteil von PVC bei der WPC-Herstellung nimmt seit Jahren in allen Regionen der Welt zu. In Europa hat PVC inzwischen PP überholt [3].



© WERZALIT GmbH + Co. KG

Lüfterrad für Klimagerät

Einsatzbereiche von extrudiertem WPC

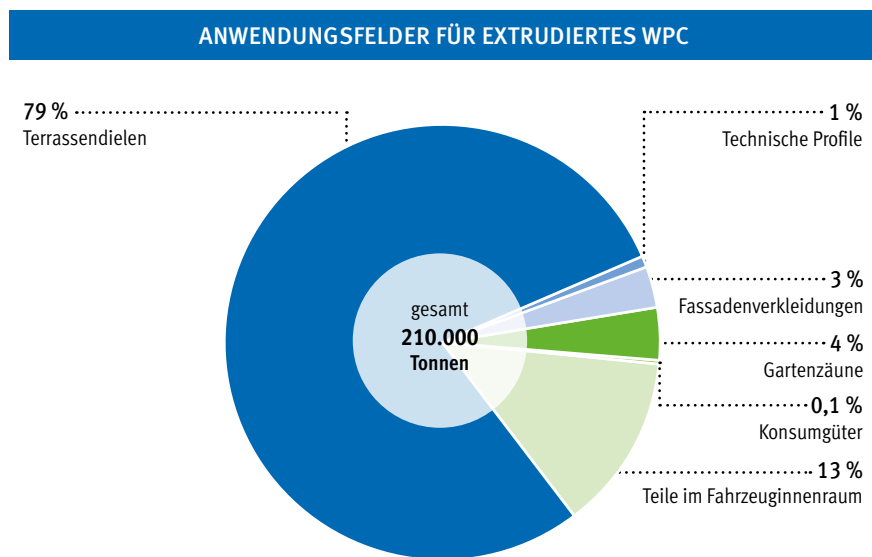
Die wichtigsten Anwendungen für extrudiertes WPC sind Bodendielen für den Außenbereich, wie z. B. für Veranda, Terrasse oder Schwimmbad. Im öffentlichen Bereich kommen Hafendocks, Bootsstege und Promenaden hinzu. Weitere Anwendungen im Bau- und Gartenbereich sind Geländer, Lärmschutzwände und Zäune (zusammen etwa 7 %). Der Holzanteil liegt bei Decking-Anwendungen zwischen 50 bis 80 %.

Neben diesen Bereich spielt der Automobilbereich mit 13 % eine wichtige Rolle. Hier geht es vor allem um Innenraumteile, die extrudiert und thermogeformt werden.

Schließlich wird WPC auch für Möbel (Regalsysteme), technische Profile und Konsumgüter extrudiert (ca. 1 %). In China spielen Fenster- und Türprofile aus WPC, in der Regel auf Basis von PVC, bereits eine wichtige Rolle.

Von insgesamt 260.000 t WPC, die in Europa im Jahr 2012 produziert wurden, wurden 210.000 t (81 %) durch Extrusion hergestellt – davon etwa die Hälfte in Deutschland, gefolgt von Frankreich und Benelux.

Abbildung 5.3 gibt einen umfassenden Überblick über die wichtigsten Anwendungsgebiete für extrudiertes WPC in Europa im Jahr 2012.



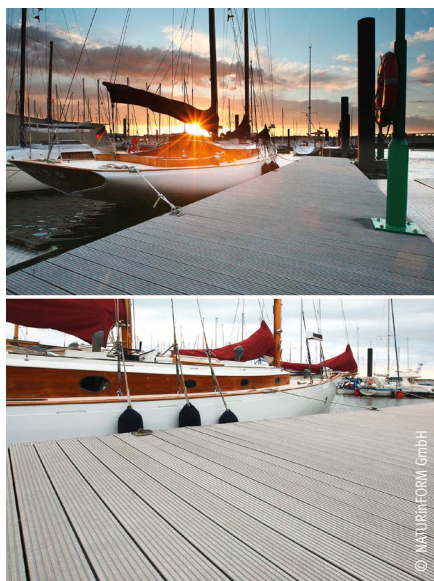
Quelle: Carus & Eder et al. (2015)

© FNR 2015

Abb. 5.3: Anwendungsfelder für extrudiertes WPC in Europa 2012



WPC-Bodendielen für Terrasse



WPC-Bootsstege

WPC-Terrassendielen konkurrieren vor allem mit Tropenholz, dessen Marktanteil in Deutschland sich in den letzten zehn Jahren von über 50 % auf nunmehr unter 27 % fast halbiert hat. WPC konnte dagegen im gleichen Zeitraum von unter 10 % auf über 22 % zulegen (2013) und im Jahr 2014 erstmals mit 25 % mit Tropenholz fast gleichziehen. Da hochwertige WPC-Decks in puncto Haltbarkeit, Pflegeverhalten, Ökobilanz und Preis mit Tropenholz gut konkurrieren können, werden weiter wachsende Marktanteile prognostiziert.

Um die Qualität der in Deutschland und Europa hergestellten WPC-Dielen im Vergleich zu preiswerten Importen aus Asien sicher und für den Verbraucher sichtbar zu stellen, hat

der Verband der Deutschen Holzstoffindustrie e.V. (VHI) ein Gütesiegel für Holz-Polymer-Werkstoffe entwickelt. Das Gütesiegel bezieht sich zum einen auf die Rohstoffe (Holz nur aus FSC oder PEFC zertifizierter Forstwirtschaft und sortenreiner Kunststoff, der als Reststoff bei der einmaligen industriellen Produktion anfällt), zum anderen auf die mechanischen Eigenschaften. Die Anforderungen werden regelmäßig angepasst und sorgen für eine fortwährende Weiterentwicklung und Verbesserung der WPC-Produkte. Auch wenn diese Strategie anfangs von manchen Akteuren in Frage gestellt wurde, hat sie sich de facto sehr bewährt. Qualitätsprobleme, wie sie in den USA massiv aufgetreten sind, konnten so vermieden und WPC als hochwertiges Produkt etabliert werden.

5.4 WPC und NFK in Spritzgieß-Serienproduktionen – wachsendes Interesse bei der Industrie

Im Jahr 2012 wurden in Europa etwa 15.000 t Holz- und 2.000 t Naturfasergranulate für Spritzgießteile eingesetzt. Der durchschnittliche Faseranteil lag bei etwa 40 % [3].

Die ersten Bauteile aus Polypropylen-Naturfaser-Granulaten (PP-NF) gingen bereits 2003 in Serie. Seitdem wurden eine Reihe kleinerer Bauteile wie Handschuhfachkasten (Audi A2), Haltehaken am Autositz (Mercedes S-Klasse), Trägerwerkstoff für Schleifscheiben (Eisenblätter) sowie Gehäuse von Mobiltelefonen, Ladegeräten und Kosmetikprodukten (verschiedene Hersteller) kommerziell realisiert, ohne dass hiermit bislang große Werkstoff-Volumina erreicht werden konnten.

WPC-Spritzgießgranulate konnten sich in den letzten Jahren in einer Vielzahl von Anwendungen und in einem größeren Volumen als PP-NF-Granulate am Markt etablieren. Grund hierfür sind zum einen das einfachere Handling des Holzmehls im Vergleich zu Naturfasern und zum anderen der deutlich attraktivere Preis des Materials. Die geringeren mechanischen Eigenschaften spielen in vielen Anwendungen keine Rolle.

WPC-Spritzgießwerkstoffe sind heute u.a. bei Küchen- und Hygieneartikeln zu finden, ebenso wie im automobilen Innenraum, als Terrassenfliesen in diversen Konsumartikeln bis hin zu langlebigen und anspruchs-

vollen Anwendungen wie Ventilatorgehäusen. Dennoch blieben die absoluten Zahlen mit etwa 15.000 t im Jahr 2012 deutlich hinter den Erwartungen zurück.

Aktuell bieten über 40 Unternehmen ihre PP-NF- und WPC-Spritzgießgranulate in Europa an [3]. Wichtiger als die Anzahl ist aber die Größe der Unternehmen: Waren es bisher eher kleine Anbieter, die ihren Kunden nur begrenzt Liefersicherheit und Unterstützung geben können, sind seit 2012 international verschiedene große Akteure aktiv geworden, was die gesamte Situation verändert.



Nagelset (WPC-Spritzguss)

Preise und Konkurrenzwerkstoffe

Naturfaser-Granulate mit einer Polypropylen-Matrix (PP) werden heute zu Preisen von ca. 1,60–4,00 €/kg angeboten, die Preise differieren je nach Rezeptur und Menge. WPC-Granulate auf Basis von Holzmehl liegen günstiger bei 1,30–2,00 €/kg und konkurrieren auch mit PP-Talkum-Granulaten, WPC-Granulate mit Zellulosefasern fangen preislich bei etwa 1,80 €/kg an.

Wann PP-Naturfasern der Vorzug gegeben wird, hängt neben den physikalischen Materialeigenschaften von einer Vielzahl weiterer Gründe ab. So dürfen z.B. im Lebensmittelbereich bei Transportverpackungen keine glasfaserverstärkten Kunststoffe eingesetzt werden – wohl aber NFK. Die Vermeidung von Glasfaserstaub war auch ein wichtiges Argument für die Verwendung von PP-Naturfasern im Trägerwerkstoff von Schleifscheiben.

In anderen Fällen wünscht der Kunde einen bestimmten biobasierten Anteil im Werkstoff bzw. Produkt. Dies kann oft mit Holz- oder Naturfasern am preiswertesten realisiert werden.

6 POTENZIALE FÜR NATURFASERVERSTÄRKTE KUNSTSTOFFE UND HOLZ-POLYMER-WERKSTOFFE

Da neue Werkstoffe wie die Bioverbundwerkstoffe immer in Konkurrenz zu etablierten Werkstoffen stehen, ist ihre Entwicklung oft nicht einfach. Forschung und Innovation sind die ersten Schritte zu hochwertigen Bioverbundwerkstoffen. Bei der Markteinführung verlangen neue Bioverbundwerkstoffe wie NFK und WPC besonders viel Beratung und Betreuung sowie einen breiten Erfahrungsaustausch zwischen Praktikern und Wissenschaftlern.

Es gilt, Normen und Standards zu entwickeln und die neuen Bioverbundwerkstoffe in bestehende Normensysteme zu integrieren. Dies ist inzwischen auf europäischer Ebene auf einem guten Weg.

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) und Holz-Polymer-Werkstoffe (WPC) sind schon heute hochinteressante, innovative Werkstoffe für Industrie und Verbraucher. In der Automobil- und Bauindustrie bereits gut etabliert, werden sie in einer nachhaltigen Wirtschaft auch in anderen Branchen immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Von der Rohstoffseite sind bei Bioverbundwerkstoffen keine Engpässe zu erwarten: Weltweit gibt es ein ausreichendes Angebot an Naturfasern und auch in Europa können bei entsprechender Nachfrage die Anbauflächen für Flachs- und Hanffasern noch er-

heblich erweitert werden. Die Produktionskapazitäten für den Faseraufschluss sind deutlich größer als für die aktuellen Anbauflächen erforderlich. Die Preise für heimische Naturfasern haben sich in den letzten Jahren im Gegensatz zu fast allen anderen Rohstoffen recht moderat entwickelt.

ZUKUNFTSTRENDS IN DEN EINZELNEN SEKTOREN DER BIOVERBUNDWERKSTOFFE

Naturfaserverstärkte Kunststoffe

NFK-Granulate für Spritzgießanwendungen werden sich in Konkurrenz zu WPC-Granulate schwer tun: Bei deutlich höheren Preisen bieten sie nur geringe mechanische Vorteile, das gilt gerade auch im Vergleich zu zellulosebasierten Granulaten. Zudem fehlen bislang die großen Anbieter. Es ist zu erwarten, dass NFK-Granulate vor allem Nischenmärkte abdecken werden und ihr Volumen nur etwa 10 % der WPC-Granulate ausmachen wird – was aber immerhin auch 10.000 t im Jahr 2020 bedeuten könnte.

Weiter ausbaufähig ist der Bereich der NFK- und auch WPC-Formpressteile für den Innenraum von PKWs. Die heute schon technisch realisierbaren, sehr niedrigen Flächengewichte für Bauteile wie z. B. Türinnenverkleidungen, Hutablagen oder Kofferraumauskleidungen stellen eine weitgehend

konkurrenzlose Option für den automobilen Leichtbau dar. Technisch gesehen könnten aus den heute insgesamt 120.000 t/Jahr Naturfaser- und Holzfaser-Formpressteilen mehr als 600.000 t/Jahr werden – wenn die wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen stimmen. Wenn Formpressteile auch noch andere Branchen wie die Möbelindustrie erreichen könnten, sind sogar noch deutlich höhere Volumina denkbar.

Holz-Polymer-Werkstoffe (WPC)

Die höchsten Steigerungen werden für WPC erwartet, die sich in der Bau- und Möbelbranche zunehmend als neue Materialien etablieren. Der Neubau mehrerer WPC-Werke namhafter Produzenten in Deutschland in den letzten Jahren belegt diesen Trend. Wichtigstes Produktionsverfahren bleibt aus Kostengründen die Extrusion, gefolgt vom Spritzgießen.

Extrudiertes WPC hat sich in den letzten zehn Jahren vor allem in den Bereichen Terrassen-Beläge, Fassadenelemente und Zäune gut etablieren können und vor allem Tropenholz verdrängt. Die jährlich zweistelligen Wachstumsraten der letzten zehn Jahre werden sich infolge von Marktsättigungen etwas abschwächen – WPC bleibt aber im Baubereich ein Wachstumsmarkt mit steigenden Marktanteilen und auch neuen Anwendungen (z. B. Betonverschalungen). Von etwa 240.000 t für die genannten Bereiche in Europa 2012 wird der Bereich bis 2020 sicher über 300.000 t/Jahr wachsen können.

Große Marktpotenziale für WPC-Spritzgießen gibt es vor allem im Bereich Konsumgü-

ter, Möbel und technischer Teile, aber auch im Automobilbereich. Durch optimierte Produkteigenschaften und große Unternehmen aus dem Holz- und Zellstoffbereich, die nun erstmalig WPC-Granulate produzieren und großvolumig anbieten, könnte sich dieser Markt zukünftig stark entwickeln – von etwa 15.000 t/Jahr im Jahr 2012 auf über 100.000 t/Jahr im Jahr 2020.

7 ANSPRECHPARTNER UND INTERNET-LINKS

Bio-based News – Portal für Bio-Ökonomie, biobasierte Chemie und Werkstoffe sowie Industrielle Biotechnologie mit täglichen Nachrichten / www.bio-based.eu/news

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft / www.bmel.de

Das Kunststoffzentrum (SKZ) / www.skz.de

European Bioplastics e. V. / www.european-bioplastics.org

European Industrial Hemp Association (EIHA) / www.eiha.org

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) / www.fnr.de

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

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) / www.iwmh.fhg.de

IfBB – Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe der Hochschule Hannover / www.ifbb.wp.hs-hannover.de

Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V. (AVK) mit Arbeitskreis Naturfaserverstärkte Polymere / www.avk-tv.de und www.avk-natur.de

Institut für Polymertechnologie e. V. / www.ipt-wismar.de

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

nova-Institut GmbH / www.nova-institut.eu

Sachsen Leinen e. V. / www.sachsenleinen-ev.de

Technische Universität Chemnitz, Professur für Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung / www.leichtbau.tu-chemnitz.de

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

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

8 GLOSSAR

ABS: Acrylnitril-Butadien-Styrol (thermoplastischer Kunststoff)

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

Biegefestigkeit: höchste technische Spannung, die ein Werkstoff in einem Biegeversuch erfährt

Biokunststoffe (= biobasierte Kunststoffe): Kunststoffe, die vollständig oder teilweise auf Biomasse basieren

Bioverbundwerkstoffe: Verbundwerkstoffe mit mindestens einer masserelevanten biobasierten Komponente, d. h., dass die Kunststoffmatrix und/oder die Verstärkungsfasern biobasiert sind

Biowerkstoffe: Überbegriff für alle Kunst- und Werkstoffe, die zumindest teilweise auf Biomasse basieren

Dichte: Masse pro Volumen

Duroplastische Kunststoffe: Kunststoffe, die sich, einmal durch eine chemische Reaktion ausgehärtet, nicht mehr thermisch verformen lassen

Elastizitätsmodul (E-Modul): Kennwert für das Spannungs-Dehnungsverhalten im elastischen Bereich

Extruder: ummantelte archimedische Schraube, typische Maschine zur Verarbeitung von thermoplastischen Kunststoffen, in der das Material aufgeschmolzen, durchmischt und (kontinuierlich) gefördert wird

Festigkeit: mechanische Werkstoffkenngröße, charakterisiert das Widerstandsverhalten eines Werkstoffes gegen dessen Verformung

Fibrillierung: Auflösung einer Einzelfaser bei Naturfasern zur Zellulosefibrille im Mikro- bzw. Nanometerbereich

Filz: textiles Flächegefüge, bei dem die Fasern durch Verschlingungen verfestigt werden

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

GFK: glasfaserverstärkte Kunststoffe

Glasfaser: aus anorganischen Bestandteilen aus der Schmelze geschaffene (mineralische) Faser

Granulat: rieselfähige Körner, hier ein handelsfähiges Kunststoffhalbzeug für Spritzgießen und Extrusion

Holzfaser: faseriges Festigungselement im Xylem, das in Strängen angeordnet ist, aus toten Zellen besteht und sowohl im Spross als auch in der Wurzel (mehrfähriger Pflanzen) vorkommt; Fasern für Faserplatten sind häufig keine Holzfasern im botanischen Sinne, sondern Nadelholz-Tracheiden oder auch Faserbündel

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

Leinen: aus Flachs gewonnene Fasern sowie daraus hergestellte Gewebe

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

MDF-Platte: Mitteldichte Holzfaserplatte

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

Naturfaser: Faser tierischen und pflanzlichen Ursprungs

Non-wovens: textile Halbzeuge wie Vliese oder Filze: während die Fasern bei Filzen ineinander verschlungen sind, werden sie für Vliese nur geschichtet und durch ein Bindemittel, insbesondere duroplastische Harze oder Thermoplaste, verfestigt

PC/ABS: Polycarbonat-Acrylnitril-Butadien-Styrol (Polycarbonat ist ein synthetischer, transparenter und sehr schlagfester Kunststoff)

PE: Polyethylen, thermoplastischer Massenkunststoff, hauptsächlich verwendet für Folien, wird neben PP und PVC als Matrix für WPC eingesetzt

PHA: Polyhydroxyalkanoat (Polyhydroxyfettsäure), thermoplastischer Biokunststoff aus der Familie der Polyester, wird von Bakterien als Speicherstoff gebildet

Phenolharz: synthetische Harze, die durch eine chemische Reaktion erstarren

PLA: Polylactid (Polymilchsäure), thermoplastischer Biokunststoff, der fermentativ aus Zucker oder Stärke mithilfe von Mikroorganismen hergestellt wird

Plasmabehandlung: Oberflächenbehandlung mit einem ionisierten Gas (Plasma), durch die die oberste Schicht aktiviert wird, sodass z. B. Farben, andere Polymere oder auch Fasern besser haften

Polymere: chemische Verbindungen, die aus Molekülketten, die linear bis stark verzweigt sein können, besteht

PP: Polypropylen, thermoplastischer Massenkunststoff, hauptsächlich für Konsumprodukte verwendet

PVC: Polyvinylchlorid, thermoplastischer Massenkunststoff, der vor allem durch seine Anwendung im Baubereich bekannt ist (Fußbodenbeläge, Fensterrahmen, Rohre und Kabelummantelungen)

Resin-Transfer-Moulding (RTM): Harzinjektionsverfahren zur Produktion hoch belastbarer Naturfaser-Bauteile, beruht auf der Verwendung von trockenen Faserhalbzeugen, die über ein im Werkzeug anliegendes Druckgefälle imprägniert werden

WPC: Wood-Plastic-Composite, Verbundwerkstoff, der in der Regel aus Holzmehl und Polypropylen hergestellt wird. Besonders beständig und deshalb für Außenanwendungen geeignet.

Sägenebenprodukte: Holzreste, die bei der Verarbeitung von entrindeten Stämmen anfallen (Holzhackschnitzel, Holzspäne, Holzmehl und nach weiterer chemischer oder mechanischer Aufbereitung auch Holzfasern)

Schlagzähigkeit: Maß für das Zähigkeitsverhaltens bei schlagartiger Beanspruchung, wird im Schlagbiegeversuch nach Charpy an gekerbten und ungekerbten Prüfkörpern in Dreipunktauflage gemessen

Schlankheitsgrad: Verhältnis der Höhe eines Körpers zu seiner Grundfläche (Breite bzw. Durchmesser)

Steifigkeit: Zugsteifigkeit ist durch das Produkt (E-Modul*lasttragende Fläche) ausgedrückt

Thermoplastische Kunststoffe: Kunststoffe, die sich unter dem Einfluss von Wärme plastisch verformen lassen

Verbundwerkstoffe: auch Kompositwerkstoffe, Werkstoffe, die aus zwei oder mehr miteinander verbundenen Materialien bestehen

Vlies: textiles Flächengewebe, bei dem die geschichteten Fasern z. B. durch ein Bindemittel (Kleber, Harz, Thermoplast) lagestabil fixiert werden

Zugfestigkeit: höchste technische Spannung, die ein Werkstoff in einem Zugversuch aushält

9 LITERATUR

[1] Aeschelmann, F. et al., 2015: Bio-based building blocks and polymers in the world. nova-Institut GmbH, 2015 (www.bio-based.eu/markets)

[2] Carus, M. et al., 2008: Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU). Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 2008 (PDF kostenfrei unter www.fnr.de)

[3] Carus, M. & Eder, A. et al., 2015: Wood-Plastic Composites (WPC) and Natural-Fibre Composites (NFC): European and Global Markets 2012 and Future Trends. Nova-Institut GmbH, Hürth 2015. (www.bio-based.eu/markets)

[4] European Hemp Association, 2013: European Industrial Hemp: Pulp & Paper, Insulation, Biocomposites & Construction, Food & Feed and Pharmaceuticals

[5] FAOSTAT, 2012: <http://faostat.fao.org>

[6] Haufe, J. & Carus, M., 2011: Hemp fibres for Green Products – An assessment of life cycle studies on hemp fibre applications. (frei verfügbar unter: www.bio-based.eu/ecology)

[7] Müssig, J. & Carus, M., 2010: Daten auf Basis einer gemeinsamen Fachdiskussion im Dezember 2010

[8] PlasticsEurope, 2013: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2013 – Kurzfassung

[9] Vogt, D. et al.: Wood-Plastic-Composites (WPC) – Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe, Märkte in Nordamerika, Japan und Europa mit Schwerpunkt auf Deutschland. Technische Eigenschaften – Anwendungsgebiete, Preise – Märkte – Akteure. nova-Institut GmbH, Hürth, 2006, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Landwirtschaftsverlag Münster, ISBN 3-7843-3397-4 (PDF kostenfrei unter www.fnr.de)

[10] Witten, E., Kraus T., Kühnel, M.: Composites-Marktbericht 2014: Marktentwicklungen, Trends, Ausblicke und Herausforderungen, AVK

[11] <http://eiha.org/media/2014/10/15-01-13-Growing-Area-Europe-2014.pdf>

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Barth, M., Carus, M., 2015: Carbon Footprint and Sustainability of Different Natural Fibres for Biocomposites and Insulation Material. (www.bio-based.eu/ecology)

Bledzki, A. K., Sperber, V. E., Universität Kassel, 2005: Wood and Natural Fibre Composites, Scientific Presentations 1999–2005. Verlag: PPH ZAPOL, Szczecin (Polen), 2005. ISBN: 83-89260-89-1

Franck, R. R., 2005: Bast and other plant fibres. Verlag: Woodhead Publishing Ltd., Cambridge (UK), 2005. ISBN: 1-85573-684-5

Mohanty, A. K., Misra, M., Drzal, L. T., 2005: Natural Fibres, Biopolymers, and Biocomposites. Verlag: CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton (USA), 2005. ISBN: 0-8493-1741-X

Müssig, J. (Hrsg.), 2010: Industrial Applications of Natural Fibres. Structure, Properties and Technical Applications. Verlag: John Wiley & Sons Ltd., Chichester 2010. ISBN 978-0-470-69508-1

Schnegelsberg, G., 1999: Handbuch der Faser – Theorie und Systematik der Faser. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, 1999 (Theorien und Systeme in Technik und Ökonomie; Bd. 1). ISBN: 3-87150-624-9

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 227
FNR 2015