nachwachsende-rohstoffe.de

Gülzower Fachgespräche

Band 26

Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU)

Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

FACHAGENTUR
NACHWACHSENDE
ROHSTOFFE e.V.

Gülzower Fachgespräche, Band 26

Studie zur Markt- und Konkurrenzsituation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU)

nova-Institut
Januar 2008

Autoren
Dipl.-Phys. Michael Carus, Dipl.-Gwl. Christian Gahle, Dipl.-Ing. agr. Cezar Pendarovski, Dipl.-Geogr. Dominik Vogt, Dipl.-Ökonom Sven Ortmann, Dr. med. Franjo Grotenhermen, Dipl.-Geogr. Thomas Breuer, Dipl.-Ing. Christin Schmidt

Unter Mitwirkung von
Prof. Dr.-Ing. Jörg Müssig, Hochschule Bremen/BIONIK
Dr. Jürgen Steger, Deutscher Naturfaserverband (DNV), SachsenLeinen
Hermann Brockmann, Deutscher Naturfaserverband (DNV)

Lektorat
Dipl.-Des. Marion Kupfer

nova-Institut GmbH • Chemiepark Knapsack
Briefadresse: 50351 Hürth • Besucher-/Zustelladresse: Industriestraße, 50354 Hürth
www.nova-Institut.de/nr • contact@nova-institut.de

Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Hofplatz 1, 18276 Gülzow mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (FKZ 22020005).

FNR, 2008

Herausgeber
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
Tel.: 0 38 43/69 30-0
Fax: 0 38 43/69 30-102
info@fnr.de • www.fnr.de

Redaktion
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Abt. Öffentlichkeitsarbeit

Layout und Umsetzung
nova-Institut GmbH, 50354 Hürth
www.nova-institut.de/nr

Druck und Verarbeitung
Media Cologne Kommunikationsmedien GmbH, 50354 Hürth
www.mediacologne.de

Förderung
Erstellt mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin (BMELV).

Alle Rechte vorbehalten.
Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

Inhalt

1 Anbau, Produktion und Märkte für Flachs- und Hanffasern in Deutschland sowie anderen EU-Ländern

1.1 Die historische Nutzung von Flachs und Hanf in Europa ... 15
1.1.1 Flachs – eine historische Betrachtung ... 15
1.1.2 Hanf – eine historische Betrachtung ... 17

1.2 Flachs- und Hanfanbau heute ... 22
1.2.1 Flachsanbau in der EU ... 22
1.2.2 Hanfanbau in der EU ... 25
1.2.3 Flachs- und Hanfanbau in Deutschland ... 29
1.2.4 Flachs- und Hanfanbau weltweit ... 33

1.3 Produktionsdaten und Märkte für Flachs und Hanf in der EU: Fasern, Schäben und Samen ... 35
1.3.1 Produktionsmengen und Märkte für Flachs-und Hanffasern ... 36
1.3.2 Im- und Exportsituation für deutsche und europäische Naturfasern ... 45
1.3.3 Produktionsmengen und Märkte von Schäben ... 47
1.3.4 Produktionsmengen und Märkte von Samen ... 51

2 Anbau und Faseraufschluss: Ökonomie und Technik

2.1 Ökonomie des Hanf- und Flachsanbaus ... 58
2.1.1 Anbau ... 59
2.1.2 Ernte ... 60
2.1.3 Wirtschaftlichkeit ... 63
2.1.4 Zusammenfassung ... 70

2.2 Ökonomische Analyse des Faseraufschlusses von Flachs und Hanf 71
2.2.1 Einleitung 71
2.2.2 Analyse der Wirtschaftlichkeit einer Hanf-Wirrfaser bzw. Gesamtfaserlinie 72
2.2.3 Kumulierter Energieaufwand der Herstellung von Hanffasern 76

2.3 Eigenschaften von Naturfasern und ihre zuverlässige Datenerfassung 81
2.3.1 Qualitätsmanagement und Qualitätsprüfung 81
2.3.2 Methoden zur Qualitätsprüfung 84
2.3.3 Eigenschaften von natürlich gegebenen Fasern und industriell geschaffenen Fasern auf Basis von Cellulose 90
2.3.4 Zusammenfassung und Ausblick 101

2.4 Faseraufschluss von Flachs und Hanf 101
2.4.1 Heimische Pflanzenfasern – Eine Begriffsfindung 101
2.4.2 Aufschlussverfahren 105
2.4.3 Faseraufschluss in der Praxis 107

3 Globale Wettbewerbssituation heimischer Naturfasern

3.1 Wettbewerbssituation unter den Naturfasern in der EU 111
3.1.1 Konkurrenz zwischen Flachs und Hanf aus der EU 111
3.1.2 Konkurrenzsituation in den einzelnen Produktlinien 114
3.1.3 Preissituation und -entwicklung für technische Kurzfasern in Europa 117

3.2 Wettbewerbssituation zu exotischen Naturfasern aus Übersee 121
3.2.1 Anbauflächen und Produktion 121
3.2.2 Anwendungen 123
3.2.3 Preisentwicklung Naturfasern von 2000 bis heute 126
3.2.4 Fazit 128

4 Naturfasern: Produktlinien, Märkte und Potenziale

4.1 Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) 133
4.1.1 Einleitung 133
4.1.2 Naturfaser-Formpressen 135
4.1.3 Naturfaser-Fließpressen 137
4.1.4 Naturfaser-Spritzgießen 139
4.1.5 Extrusion 144
4.1.6 RTM-Verfahren 145
4.1.7 Biokunststoffe mit Naturfasern 146
4.1.8 Recyceltes Polypropylen mit Naturfasern 147
4.1.9 Wettbewerbssituation zu Wood-Plastic-Composites (WPC) . . 147
4.1.10 Wettbewerbssituation von NFK zu etablierten Werkstoffen . . 150
4.1.11 Ausblick 152

4.2 Naturfaserverstärkte Kunststoffeim Automobilbau 154
4.2.1 Eingesetzte Naturfasern in der deutschen Automobilproduktion 1999 bis 2005 155
4.2.2 Aktuelle Marktanteile verschiedener Naturfasern 156
4.2.3 Anteile verschiedener Produktionsverfahren 157
4.2.4 Exkurs: Holz und Baumwolle 159
4.2.5 Naturfaseranteile für verschiedene Produktionsverfahren . . . 159
4.2.6 Naturfaser-Verbundwerkstoffe im Automobil 160
4.2.7 NFK-Bauteile und Naturfasern pro PKW 162
4.2.8 Naturfaser-Verbundwerkstoffe außerhalb der Automobilindustrie 162
4.2.9 Zukünftige Entwicklungen 163

4.3 Naturfaserverstärkte Kunststoffein Produkten außerhalb der Automobil-industrie 165
4.3.1 Erfolgsgeschichte Schleifscheiben-Träger 166
4.3.2 Naturfaserverstärkte Biokunststoffe 168
4.3.3 Naturfaserprodukte auf RTM-Basis 172
4.3.4 Spezialkoffer 172
4.3.5 Kosmetik-Verpackung, Bumerang, BioConceptCar, Schienenfahrzeuge, Helm, Kanadier, Modellflugzeuge und Bremsbeläge 173
4.3.6 Ausblick 177

4.4 Dämmvliese aus Naturfasern 177
4.4.1 Entwicklung des Dämmstoffmarktes in Deutschland 177
4.4.2 Eingesetzte Rohstoffe und Anteil alternativer Dämmstoffe .. 178
4.4.3 Das Markteinführungsprogramm 180
4.4.4 Dämmstoffmarkt in Europa 186

4.5 Zellstoff und Papier 188
4.5.1 Einleitung 188
4.5.2 Spezialzellstoffe – Wichtige Märkte für Flachs und Hanf 190
4.5.3 Massenzellstoffe und Einsatz in Recyclingpapieren 196
4.5.4 Ausblick 197

4.6 Kresse-Anzuchtfilze 198

4.7 Bekleidungstextilien 201
4.7.1 Flachs-Textilien 201
4.7.2 Hanf-Textilien 204
4.7.3 Ausblick 208

4.8 Geo- und Agrartextilien 209

4.9 Tiermatten 211

4.10 Naturfaserbewehrter Beton 212

5 Marktentwicklung, Potenziale und Wertschöpfung von Schäben, Samen und sonstigen Koppelprodukten

5.1 Schäben: Gut für Bauherren und Tiere 214
5.1.1 Beschreibung und Eigenschaften der Schäben 214
5.1.2 Produkte und Märkte für Schäben 216
5.1.3 Sonstige Nebenprodukte: Nutzung von Schäben-bruchstücken, Faserreststoffen und Stäuben 231

5.2 Samen: Hoher ernährungsphysiologischer und gesundheitlicher Wert ... 234
5.2.1 Merkmale und Eigenschaften der Samen ... 234
5.2.2 Ernährungsphysiologischer und therapeutischer Wert ... 240
5.2.3 Lebensmittel aus Leinsamen und Hanfsamen ... 246
5.2.4 Kosmetika und Hautpflegemittel ... 253
5.2.5 Tierfutter ... 255
5.2.6 Technische Anwendungen ... 260
5.2.7 Hanföl als Pflanzenöl-Kraftstoff ... 263

5.3 Nutzung der Blätter: Nun auch Tee erhältlich ... 270

5.4 Hanfblüten ... 271
5.4.1 Rohstoff für die Pharmaindustrie ... 271
5.4.2 Ätherisches Hanföl ... 273

6 Wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen für den Flachs- und Hanfanbau sowie für Naturfaser-Werkstoffe

6.1 Ordnungspolitische Rahmenbedingungen und Stützungsregelungen ... 278
6.1.1 Rückblick auf die EU-Stützungsregelungen seit 1970 ... 278
6.1.2 Aktuelle Stützungsregelungen für Faserflachs und -hanf im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU ... 281
6.1.3 THC-Richtwerte für Hanflebensmittel ... 293

6.2 Globale wirtschaftliche Rahmenbedingungen ... 298
6.2.1 Konkurrenzsituation zu Erdöl-basierten Werkstoffen ... 301
6.2.2 Konkurrenzsituation zu Holzwerkstoffen ... 306
6.2.3 Konkurrenzsituation zu anderen Agrarkulturen ... 307

6.3 Unterstützende Maßnahmen zur schnelleren Etablierung von Produkten aus Flachs und Hanf („Rohstoffwende“) ... 311

7 Zusammenfassung – Szenarien, Empfehlungen und Steckbrief Hanf

7.1 Szenarien 325

7.2 Empfehlungen: Wie können die Marktpotenziale effizient entwickelt und gefördert werden? 320

7.3 Steckbrief Flachs und Hanf – Warum Flachs und Hanf eine Zukunft haben sollten 343

8 Anhang

Firmenverzeichnis 349

Sortenliste 357

Literaturverzeichnis 358

Abbildungsverzeichnis 381

Tabellenverzeichnis 388

Vorwort

Die Nutzung der heimischen Naturfasern Flachs und Hanf unterstützt die FNR schon seit ihrer Gründung in zahlreichen Projekten. Über 18 Millionen Euro Bundesmittel flossen in 90 Forschungsvorhaben zu den unterschiedlichsten Einzelaspekten. Standen zunächst der Anbau und die Aufbereitung der Fasern im Mittelpunkt der Projektförderung, sind es jetzt zunehmend die verschiedenen Anwendungsbereiche. Je nach Ausgangssituation sind ganz unterschiedliche Fördermaßnahmen erforderlich.

Dämmstoffe aus Naturfasern beispielsweise sind bereits mit einer ausreichend breiten Produktpalette auf dem Markt, benötigen aber Unterstützung, um sich dort durchsetzen zu können. Mit dem Markteinführungsprogramm für diesen Produktbereich konnte ein Entwicklungsschub in die richtige Richtung gegeben werden und Experten gehen trotz generell sinkender Absatzzahlen für Dämmstoffe von einem leicht wachsenden Markt der Naturdämmstoffe aus.

Ganz neue Entwicklungen konnten über die Forschungsförderung im Bereich der Verbundwerkstoffe angestoßen werden. Es gelang, die Industrie davon zu überzeugen, dass Flachs oder Hanffasern für spezielle Anwendungen bessere Eigenschaften mitbringen als herkömmliche Glas- oder Kohlefasern. Mit den naturfaserverstärkten Kunststoffen und den Bioverbunden konnten Materialklassen etabliert werden, denen Experten eine große Zukunft vorhersagen. Ähnliche Chancen werden den Wood-Plastic-Composites und dem Naturfaserspritzguss prophezeit.

Aber die Zukunft der heimischen Fasern und der Naturfaserprodukte hängt ganz entscheidend von den politischen Rahmenbedingungen in der EU ab. Aufgabe der vorliegenden Studie ist es in diesem Kontext nicht nur, einen Überblick über Anbau, Produktion und Märkte von Naturfasern zu geben. Mit ihren technischen, ökonomischen und ökologischen Parame-

tern werden auch die verschiedenen Verarbeitungsverfahren vorgestellt. Auch von den relevanten Anwendungen der Fasern kann sich der Leser ein Bild machen. Der Abschnitt zu den wirtschaftlichen Chancen heimischer Fasern gegenüber exotischer Importwaren leitet über zu den Zukunftschancen in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen.

Wenngleich Naturfasern in Anbetracht steigender Erdöl- und Kunststoffpreise nicht nur ökonomisch immer attraktiver werden, sondern auch mit besonderen Produktqualitäten punkten können, stehen ihrer intensiveren Nutzung auch deutliche Hemmnisse entgegen. Die kleinbetriebliche Struktur der Faseranbauer macht eine wirtschaftliche Produktion oft nicht möglich. In Anbetracht günstigerer Fasern aus Osteuropa oder den asiatischen Ländern sind die heimischen Fasern kaum konkurrenzfähig.

Bei heimischem Anbau und Verarbeitung muss der Erzeugung hochwertiger Faserqualitäten ein besonderes Augenmerk geschenkt werden, um konkurrenzfähig sein zu können. Weiterhin sind flankierende Maßnahmen wie ordnungspolitische Regelungen zur Stützung dieses Bereiches zu prüfen.

Basierend auf den Erkenntnissen der vorliegenden Studie können Anbau und Nutzung von Flachs und Hanf zielgerichtet vorangetrieben werden. Das ist auch für die deutsche Landwirtschaft von Nutzen. Denn Flachs und Hanf bieten nicht nur ökonomische Alternativen, sondern sind im Sinne einer Diversifizierung im Anbau auch ökologisch von Vorteil.

Dr.-Ing. Andreas Schütte
Geschäftsführer der FNR

Einleitung

Das vorliegende Buch möchte Ihnen einen umfassenden Überblick über die aktuelle Marktsituation und die Zukunftschancen der alten Kulturpflanzen Flachs und Hanf geben. Auch wenn die aktuellen Anbauzahlen eher bescheiden sind, gibt es attraktive Marktpotenziale in zahlreichen Anwendungen. Diese zu erkennen und durch geeignete Rahmenbedingungen und Aktivitäten zu erschließen, ist Thema der Studie.

Im ersten Kapitel geht es um statistische Daten zu Anbau, Produktion und Märkten von Flachs und Hanf in Deutschland und der Europäischen Union (EU). Neben Naturfasern liefern beide Pflanzen die Wert schöpfenden Koppelprodukte Schäben und Samen/Öl. Während in der EU die Nutzung von Flachs überwiegt, werden in Deutschland vor allem dem Hanfanbau gute Chancen eingeräumt, weshalb in diesem Buch ein besonderer Schwerpunkt auf Hanf gelegt wurde.

Um Ökonomie, Technik und Ökologie geht es im zweiten Kapitel. Sowohl der Anbau von Flachs und Hanf als auch der Aufschluss des Strohs zu Fasern und Schäben werden ökonomisch im Detail vorgestellt, analysiert und diskutiert. Von ihren mechanischen Eigenschaften her brauchen sich Flachs- und Hanffasern nicht zu verstecken: Sie gehören zu den hochwertigsten Naturfasern überhaupt. Neben den technischen Eigenschaften der Fasern werden die Grundprinzipien des Faseraufschlusses dargestellt. Unter ökologischen Gesichtspunkten ist vor allem der niedrige Kumulierte Energieaufwand (KEA_h) – und entsprechend auch ein geringer CO_2-Ausstoß – zur Herstellung der Flachs- und Hanffasern interessant, der deutlich unter denen von Konkurrenzprodukten liegt.

Kapitel 4 und 5 beschreiben alle relevanten Anwendungen und Produktlinien für Fasern, Schäben und Samen. Die Darstellung umfasst technische Eigenschaften, Preise, das heutige und zukünftige Marktvo-

lumen sowie die Konkurrenzsituation. Wichtigste Anwendungen für die Fasern sind dabei Naturfaserverstärkte Kunststoffe, Dämmstoffe, Zellstoff und Papier, Bekleidungstextilien sowie Geo- und Agrartextilien, für die Schäben Tiereinstreu und Baustoffe und schließlich für die Samen Tierfutter und Lebensmittel.

Die Zukunft von Flachs und Hanf wird vor allem durch Ihre Konkurrenzkraft gegenüber anderen Kulturpflanzen bestimmt. Diesem Thema widmet sich Kapitel 3, in dem sowohl die Konkurrenzsituation zwischen Flachs und Hanf, aber vor allem die Konkurrenz zu exotischen Faserpflanzen wie Jute, Kenaf, Sisal und Abaca analysiert und diskutiert werden. Dies steht in engem Kontext zu den wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen, die Thema des Kapitels 6 sind: Wie haben die ordnungspolitischen Rahmenbedingungen und Stützungsregeln in der Vergangenheit die Marktlage für Flachs und Hanf beeinflusst und wie sieht hier die zukünftige Entwicklung aus? Wie verändern sich die globalen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen – Erdöl- und Kunststoffpreise, Preise für Holz und Agrarrohstoffe –, und welchen Einfluss hat dies auf die Marktentwicklung von Flachs und Hanf?

Im abschließenden Kapitel 7 werden zunächst verschiedene Zukunftsszenarien für Flachs und Hanf vorgestellt, Empfehlungen für eine effiziente Entwicklung und Förderung der Marktetablierung ausgesprochen und schließlich zusammenfassend dargestellt, warum Flachs und Hanf eine Zukunft haben sollten: Beide Kulturpflanzen sind gut für die Landwirtschaft, für die regionale Wertschöpfung, für die Umwelt und für die Produktion von Bio-Werkstoffen für die „Rohstoffwende“ – dem Übergang von der fossilen Rohstoffversorgung hin zu einer auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen. Welchen Weg aber werden Hanf und Flachs gehen? Kann die Politik günstige Rahmenbedingungen schaffen? Welche politischen Rahmenbedingungen und welche gezielten Fördermaßnahmen könnten positiven Einfluss auf die Entwicklung der deutschen Naturfaserwirtschaft haben? Kapitel 7 gibt hier konkrete Antworten. Eine lautet: Energetische und stoffliche Nutzung sollten zukünftig von der Politik in gleicher Weise gefördert werden, z.B. auf Basis eingesparter CO_2-Emissionen.

Vor diesem Hintergrund ist die Spannbreite der möglichen Zukunftsszenarien für die alten Kulturpflanzen Flachs und Hanf sehr groß. Im

„Worst Case"- Szenario werden die Anbauflächen schrumpfen und beide Pflanzen zu Sonderkulturen für Nischenmärkte werden. Im „Best Case"-Szenario können beide Pflanzen eine wichtige Rolle bei der „Rohstoffwende" hin zu Bio-Werkstoffen spielen und ihre Anbauflächen massiv steigern.

Abschließend möchte ich dem gesamten Autoren-Team für seine Mitarbeit herzlich danken und hoffe, dass diese Studie viele neue Erkenntnisse, Anregungen und Impulse gibt, um die heimische Naturfaserwirtschaft weiter zu entwickeln und zu neuer Blüte zu führen.

Hürth, den 15. Oktober 2007

Dipl.-Phys. Michael Carus
Geschäftsführer des nova-Instituts

1.

Anbau, Produktion und Märkte für Flachs- und Hanffasern in Deutschland sowie anderen EU-Ländern

1 Anbau, Produktion und Märkte für Flachs- und Hanffasern in Deutschland sowie anderen EU-Ländern

1.1 Die historische Nutzung von Flachs und Hanf in Europa

1.1.1 Flachs – eine historische Betrachtung

Die Fasern von Flachs bzw. Faserlein (Linum usitatissimum) werden seit Jahrtausenden für Bekleidungstextilien und technische Anwendungen (Schnüre, Seile, Netze) eingesetzt; Flachs gehört zu den ältesten Kulturpflanzen überhaupt.
(Hauptquelle für dieses Kapitel: Dambroth & Seehuber 1988)

Älteste Funde
Leinsamen und Kapseln einer Wildsorte wurden in einer etwa 9.000 Jahre alten Grabstätte im heutigen Iran gefunden – es wird vermutet, dass sie als Handelsware aus dem Norden eingeführt wurden. In Syrien ausgegrabene Samen der Kulturform legen einen Anbau des Faserleins schon vor der zweiten Hälfte des 7. Jahrtausends v. Chr. nahe.

Im Britischen Museum in London befindet sich ein altägyptisches Faserleingewebe von ca. 5.000 v. Chr. und altägyptische Darstellungen zeigen uns die gesamte Wertschöpfungskette des Faserleins. Die Flachsfasern wurden für die Mumienbinden verwendet.

Schon vor 4.000 v. Chr. wurde Flachs systematisch am Nil und im Zweistromland (heutigem Irak) angebaut und gehört damit zu den ältesten bekannten Nutzpflanzen.

Europa
Die ältesten Funde in Europa datieren auf etwa 2.700 v. Chr. in der Schweiz; Fäden, Schnüre und Netze waren die typischen Faserleinerzeugnisse. Auch Schriftzeugnisse aus der griechischen und römischen Antike belegen die

verbreitete Nutzung des Faserleins. Im Mittelalter war Leinen ein wichtiges Agrar- und Textilhandelsprodukt und hielt seine Bedeutung, bis der Beginn der industriellen Revolution den Siegeszug der leichter zu verarbeitenden Baumwollfaser einläutete. Der Anbau in Deutschland sank von ca. 215.000 ha im Jahre 1850 auf ca. 35.000 ha zur Jahrhundertwende.

Im Mittelalter erlebte Leinen eine Blütezeit in Europa; in Deutschland war der Flachsanbau weit verbreitet und die Erzeugung von Geweben hoch entwickelt. Für die Handelszentren an der Nord- und Ostsee waren Leinenprodukte wichtige Handelsgüter. Bis Ende des 18. Jahrhunderts war Flachs mit ca. 18 % Anteil am Faserverbrauch in Europa die wichtigste Pflanzenfaser und neben Wolle (ca. 78 %) der wichtigste textile Rohstoff. Im 19. Jahrhundert verlor Flachs durch das starke Vordringen der Baumwolle zunehmend an Bedeutung. Ende des 19. Jahrhunderts war der Baumwollanteil in Europa auf 74 % emporgeschnellt, während der Anteil an Schafwolle auf 20 % und an Flachs auf 6 % zurückging. (Heger 2006)

Während der beiden Weltkriege wurde zeitweise der Import von Baumwolle nach Deutschland verhindert, weshalb zu diesen Zeiten und kurz danach der Anbau wieder ausgeweitet wurde – in den frühen Vierzigern auf dem damaligen deutschen Gebiet sogar auf eine Höhe von 120.000 ha.

Heutige Situation

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland kaum noch Flachs angebaut. Ab 1957 erscheint Flachs nicht mehr in den offiziellen Statistiken. Durch die Diskussion über ökologisch verträglichen Pflanzenbau gewann der Flachs in den 80er Jahren wieder an Bedeutung. Heute liegt der Anteil von Flachs am Weltfaseraufkommen mit ca. 2 Mio. t pro Jahr bei 2 %. (Heger 2006b)

Trotz erheblicher finanzieller Unterstützung gelang es weder Mitte der 80er Jahre in den alten Bundesländern, noch Mitte der 90er Jahre in den neuen Bundesländern, in Deutschland eine neue Flachswirtschaft aufzubauen. Ursachen hierfür waren u.a. falsche Maschinenkonzepte und Fehleinschätzungen des Marktes. Eine Wiederbelebung der Flachswirtschaft wird aktuell nicht mehr erwartet. *(Vgl. Kapitel 1.2.3)*

Heute wird der Bedarf der deutschen Industrie an Flachsfasern fast ausschließlich mit Importfasern aus anderen europäischen Ländern wie Frankreich, Belgien, Niederlande und Litauen gedeckt und lag im Jahre 2005 im Bereich von ca. 10.000 t. jährlich. Haupteinsatzgebiete sind heute

neben der Bekleidungstextilindustrie (hochwertige Langfaser) die Dämmstoff- und Automobilindustrie, in der die Flachs-Kurzfaser zur Verstärkung von Bauteilen eingesetzt wird. *(Vgl. Kapitel 4.2 und 4.4)*

Die wichtigsten historischen und heutigen Flachsproduktlinien ähneln denen von Hanf: Letztere sind in Abbildung 2 dargestellt.

1.1.2 Hanf – eine historische Betrachtung

Hanffasern werden seit Jahrtausenden für Bekleidungstextilien und technische Anwendungen wie Schnüre, Seile, Netze und Segeltuch ebenso wie für Papier eingesetzt; Hanf (Cannabis sativa) gehört damit zu den ältesten Kulturpflanzen überhaupt. Hanfprodukte sind aus dem Europa des Mittelalters nicht wegzudenken – Hanf war der Rohstoff für die Herstellung von Seilen, Segeltuch, Bekleidungstextilien, Papier und auch Ölprodukten. *(Hauptquelle für dieses Kapitel: Bócsa et al. 2000)*

Die ältesten Hanffunde

Die Geschichte von Hanf-Werkstoffen begann in China. 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 das wohl älteste Hanf-Textilfragment. Für Europa sind ein gewebtes Hanftextil aus einem keltischen Grabhügel nahe Stuttgart von ca. 500 v. Chr. (aus der Stängelrinde) und ein französischer Fund aus der Nähe von Paris aus der Zeit von 570 n. Chr. (aus aufbereiteten Hanffasern) die ältesten Belege.

Ein zivilisatorisch ebenso wichtiges Produkt ist das Papier. Das erste nachgewiesene Papier der Welt wurde aus Hanf hergestellt – es blieb ein Stück Hanfpapier aus der Zeit von 140 bis 87 v. Chr. erhalten. Obwohl sich Papier bereits kurz nach 105 n. Chr. in China für Schriften durchgesetzt hatte, gelangte die Technik erst im 13. Jahrhundert n. Chr. über den vorderen Orient nach Europa und erreichte schließlich im 14. Jahrhundert Deutschland – rechtzeitig für die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern durch Gutenberg.

Höhepunkt der Hanfnutzung

Im 17. Jahrhundert erreichte Hanf als Wirtschaftsgut durch den enormen Bedarf der Schifffahrt an Seilen und Segeltuch seine größte Bedeutung; 50

bis 100 t. Hanffasern waren für ein typisches Segelschiff nötig und diese Menge musste jeweils binnen etwa zwei Jahren ersetzt werden.

Ebenso seine Bedeutung in der Bekleidungsindustrie:

„Bis ins 18. Jahrhundert waren feld- bzw. wassergeröstete und dann mechanisch aufgeschlossene Hanffasern zusammen mit Flachs, Nessel und Wolle die Rohstoffe für die europäische Textilindustrie. Aufgrund seiner gröberen und inhomogeneren Faserbündel wurden Hanfgarne vor allem für Oberbekleidung und Arbeitskleidung eingesetzt, Flachs und Nessel für die feineren Gewebe und Wolle, wenn die Kleidung gut wärmen sollte." (Bócsa et al. 2000)

„Bevor in Europa Kohle, Erdöl und Gas im industriellen Maßstab abgebaut werden konnten und man in der Lage war, Massengüter wie Baumwolle, Jute, Sisal und Ramie aus Übersee einzuführen, hatte die Hanfverarbeitung die Funktion einer Schlüsselindustrie." (Hingst & Mackwitz 1996)

Der Niedergang

Ähnlich wie beim Flachs bedeutete jedoch die Kombination aus der Einführung von Spinnmaschinen für Baumwolle (‚Spinning Jenny') ab dem 18. Jahrhundert, den billigen Faserimporten aus Russland und der Umstellung der Schifffahrt auf Dampfkraft im 19. Jahrhundert einen Rückgang des Anbaus von Hanf in Deutschland. Im 19. Jahrhundert wurde Hanf trotz qualitativer Überlegenheit vielfach auch aus technischen Anwendungen durch billigere Importfasern wie Jute verdrängt.

Durch die Seehandelsembargos entfielen in beiden Weltkriegen die Importmöglichkeiten für Baumwolle und Jute, so dass der Hanfanbau wieder einen kurzzeitigen Aufschwung erlebte. Nach dem Zweiten Weltkrieg geriet Hanf schnell in Vergessenheit und wurde nur noch auf Kleinstflächen angebaut.

Das Verbot und seine Überwindung

Seine Wiederentdeckung als nachwachsender Rohstoff verpasste Hanf zunächst, da zwischen 1982 bis 1995 der Hanfanbau in Deutschland – wie in vielen anderen westlichen Ländern – infolge einer restriktiven Drogenpolitik sogar unabhängig vom Gehalt des Rauschwirkstoffes THC verboten war. Hanfsorten mit marginalem THC-Gehalt waren bereits in den 50er und 60er Jahren in Deutschland gezüchtet, dann in Frankreich weiter gepflegt und bis heute vor allem für die Produktion von Spezialzellstoffen für Zigarettenpapier genutzt worden. Ebenso wie Frankreich hatten auch mehrere osteuropäische Länder den Hanfanbau nie aufgegeben.

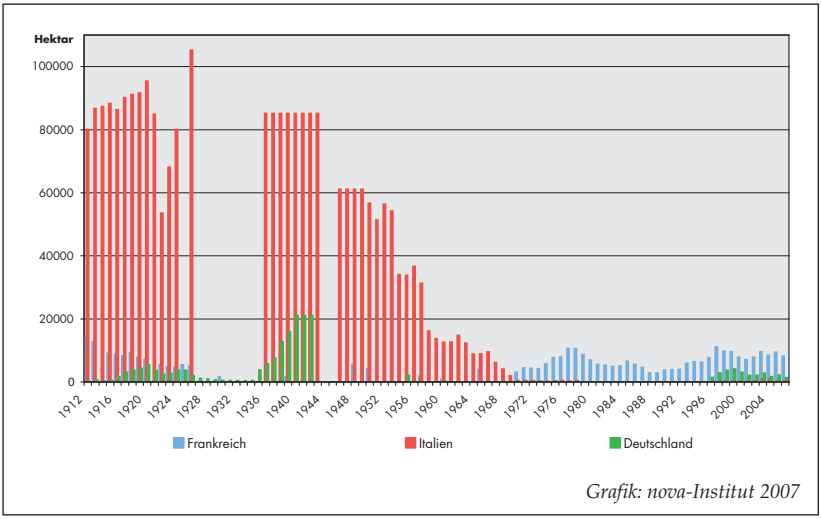
Mitte der 90er Jahre wuchs das Interesse von Landwirtschaft und Industrie am Rohstoff Hanf und die Anbauverbote fielen Land um Land. Nach drei Jahren intensiver Informations- und Lobbyarbeit fielen auch die Verbote in Deutschland, so dass der Hanf im Jahr 1996 erstmalig wieder legal angebaut werden konnte. Heute ist der Anbau THC-armer Hanfsorten in allen europäischen Ländern sowie z.B. in Ländern wie Kanada oder Australien – unter bestimmten Auflagen (siehe Kapitel 6.1) – wieder erlaubt. Nur in den USA ist der Hanfanbau immer noch grundsätzlich untersagt.

Entwicklung des Hanfanbaus in Deutschland, Frankreich und Italien

Die Abbildung 1 zeigt das Ergebnis einer Sammlung von Anbaudaten aus verschiedenen Quellen mit dem Ziel, die Entwicklung der Hanfanbauflächen in der Vergangenheit nachzuvollziehen. Es wurde auf Interpolationen verzichtet, um die tatsächlich gefundenen Werte sichtbar zu machen. Jahre, für die keine Anbaufläche angegeben sind, sind deshalb nicht unbedingt Jahre ohne Anbau gewesen, sondern lediglich nicht dargestellt, da die entsprechenden Daten fehlen.

Die Anbauflächen aller drei Länder waren vor 1912 erheblich größer als jemals danach. Die französische Produktionsfläche z.B. sank von 176.000 ha im Jahre 1840 auf 63.500 ha im Jahre 1882. Die italienische Produktion umfasste im Jahr 1870 135.000 ha. Für Deutschland sind infolge der späten Gründung eines Nationalstaats keine Daten bis 1870 zu erwarten, die älteste Angabe fand sich für 1878: 21.238 ha; in früheren Hochzeiten lagen die Anbauflächen sicherlich weit über 100.000 ha. Bei der Betrachtung der folgenden Jahrzehnte ist zu berücksichtigen, dass sich die deutschen Grenzen mehrfach änderten; 1919, mehrfach von 1935 – 1957 und 1990.

Abbildung 1: Hanfanbau in Deutschland, Frankreich und Italien von 1912 bis heute



Quellen: Zahlreiche historische Quellen aus dem nova-Archiv, aktuelle Daten nach BMELV 2006

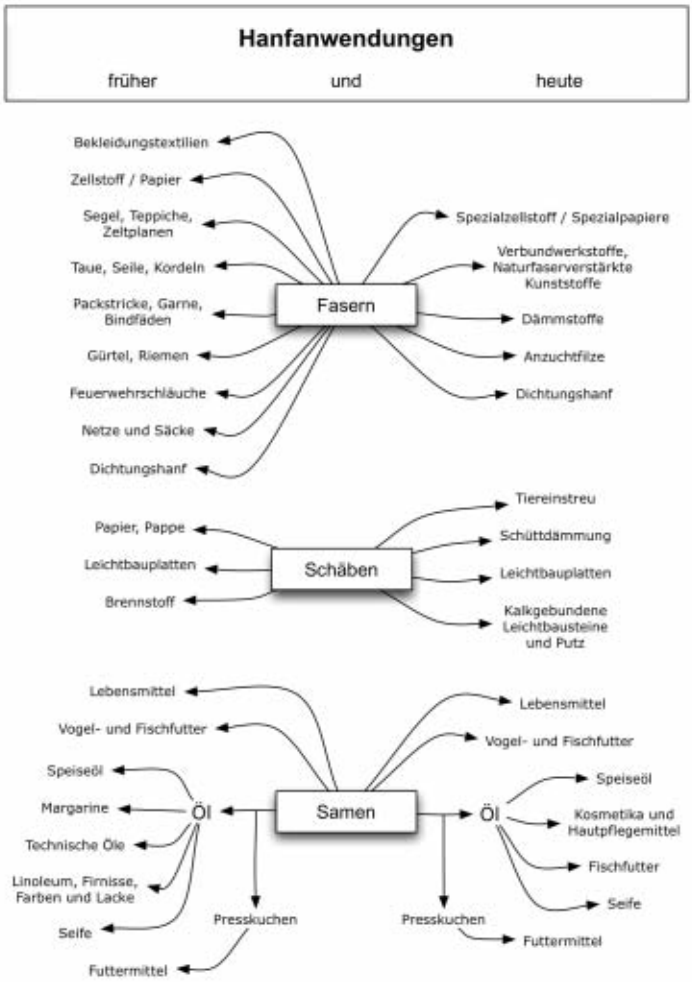
Die Wiederentdeckung

In den letzten 15 Jahren wurde Hanf als nachwachsender Rohstoff weltweit wieder entdeckt *(siehe auch Kapitel 1.2.2)*. Insbesondere die Verwendung der starken Hanffasern als Verstärkung von Verbundwerkstoffen in der Automobilindustrie in Anwendungen wie Türinnen- und Kofferraumverkleidungen sorgte für eine Nachfrage nach Hanffasern *(siehe Kapitel 4.2)*. Ebenso im Aufschwung sind Dämmstoffe aus Hanffasern für den ökologischen Hausbau *(siehe Kapitel 4.4)*. Neue Anwendungen wie Naturfaser-Spritzguss *(Kapitel 4.1.4)* und die mögliche Ausbreitung der naturfaserverstärkten Kunststoffe über die Automobilbranche hinaus *(Kapitel 4.3)*, begründen heute die Wachstumsaussichten der europäischen Hanfwirtschaft.

In Kanada wird, vermutlich erstmalig in der Geschichte der Hanfnutzung, Hanf großflächig zur reinen Samengewinnung angebaut, während Fasern und Schäben (noch) ungenutzt bleiben. Aus den Samen werden hochwertige Lebensmittel und Hautpflegemittel für den nordamerikanischen Markt hergestellt. *(siehe Kapitel 5.2.3)*

Die folgende Abbildung zeigt die wichtigsten Anwendungen und Produktlinien für die verschiedenen Hanfrohstoffe – früher und heute.

Abbildung 2: Hanf-Produktlinien: Früher und heute



Grafik: nova-Institut 2007

1.2 Flachs- und Hanfanbau heute

1.2.1 Flachsanbau in der EU

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung des EU-Flachsanbaus über die letzten elf Jahre. Lässt man die grau dargestellten (nicht realen, s.u.) Anbauflächen von Spanien, Portugal und Großbritannien außen vor, so ergibt sich für die übrigen Länder ein Zuwachs ausgehend von etwa 75.000 ha im Jahr 1995 auf heute etwa 100.000 ha inkl. der neuen EU-Mitgliedsländer Osteuropas (Polen, Tschechien, Litauen und Lettland). Dabei ist zu beachten, dass in Litauen erhebliche Mengen weißrussischen Flachses zusätzlich zur eigenen Flachsproduktion verarbeitet werden.

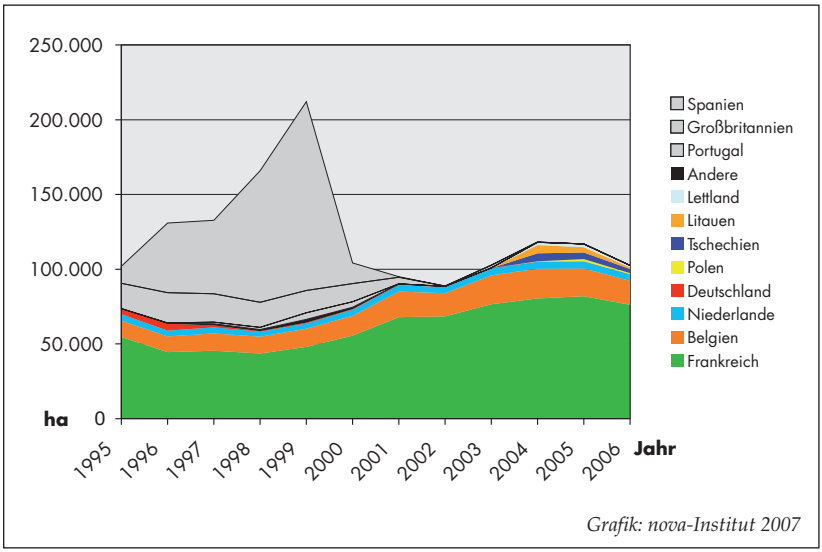
Zudem zeigen Abbildung 3 und Tabelle 1 nur den Flachsanbau auf Flächen mit EU-Beihilfe. In den meisten EU-Ländern spielt der Anbau auf anderen Flächen eine nur marginale Rolle. Es sei aber darauf hingewiesen, dass z.B. in Schweden Flachs zwar nicht auf Flächen mit EU-Beihilfe angebaut wird, dafür aber auf anderen Flächen 76 ha (2006), die in Abbildung und Tabelle nicht zu sehen sind (Rolandsson 2006).

Gegenüber den Jahren 2004 und 2005, in denen der EU-Flachsanbau fast 120.000 ha aufwies, kam es im Jahr 2006 zu einem Rückgang von knapp 20.000 ha. Gründe hierfür waren Überproduktion mit Absatzproblemen sowie Flächenkonkurrenz zu anderen Kulturen wie z.B. Energiemais.

Auffallend ist die Dominanz des französischen und belgischen Flachsanbaus. Zusammen mit den Niederlanden stellen sie die drei wichtigsten, traditionellen Flachsanbau- und Produzentenländer in Westeuropa dar. Sie verfügen dabei nicht nur über jahrhundertlange Erfahrungen, hochwertige Aufschlusslinien und weit gespannte Vertriebsnetzwerke, sondern weisen zudem günstige klimatische Bedingungen für den Flachsanbau auf. Dies gilt vor allem für die Feldröste, die dank Meeresnähe und hoher Luftfeuchtigkeit optimale Bedingungen vorfindet.

In Frankreich, Belgien und den Niederlanden wird der Flachs in der Langfaserlinie aufbereitet *(siehe Kapitel 3.1.1 und 2.4)*, deren Ziel eine hochwertige Langfaser für den Textilsektor ist. Der überwiegende Teil dieser teuren Flachsfaser wird zur Weiterverarbeitung nach China exportiert – in Europa existieren nur noch sehr wenige Langfaser-Ringspinnereien. Die Nachfrage aus China hat sich in den letzten zehn Jahren gut entwickelt, stagniert aber aktuell. *(siehe Kapitel 1.3.1. und 1.3.2 sowie 3.2.2)*

Abbildung 3: Flachsanbau in der EU (1995 – 2006)



Quellen: BLE 2006a, BMELV 2007

Neue Flachsländer scheiterten

In den 90er Jahren gab es in verschiedenen EU-Ländern wie Spanien, Portugal, Großbritannien und auch Deutschland erhebliche Anstrengungen, Flachsanbau und -produktion wiederzubeleben. Dabei wurde in der Regel nicht versucht, den traditionellen Weg der Langfaserproduktion zu gehen, sondern in modernen Gesamtfaserlinien möglichst effizient eine technisch nutzbare Kurzfaser zu gewinnen, wie sie z.B. heute in Verbundwerkstoffen und Dämmstoffen Verwendung findet. Letztendlich waren alle Bemühungen zum Scheitern verurteilt – wenn man einmal davon absieht, dass die sich später entwickelnden neuen Hanfwirtschaften diese Idee wieder aufnahmen, auf den technischen Entwicklungen und Erfahrungen aufbauten und sich damit, wenn auch in bescheidenem Rahmen, etablieren konnten.

Warum scheiterten diese Bemühungen? Zum einen wurden technische, ökonomische und Vermarktungsprobleme deutlich unterschätzt, zum anderen bestand eine erhebliche Konkurrenz zu den etablierten, traditionellen Produktionsländern: Die in Gesamtfaserlinien produzierten Kurzfa-

sern mussten qualitativ und preislich mit den Kurzfasern der traditionellen Produktion, welche nur marginal zur Wertschöpfung beitragen, konkurrieren. Dies konnte kaum gelingen. *Siehe hierzu auch Kapitel 3.1.*

Hinzu kam, dass in den 90er Jahren sehr günstige finanzielle Rahmenbedingungen für den Flachs- und Hanfanbau bestanden, die auch unseriöse Anbauer und Produzenten in den neuen Flachsländern anlockten. Als Brüssel dann die Bremse zog, die Subventionsregeln und Kontrollen verschärfte, die Beihilfen kürzte *(siehe Kapitel 6.1)* und gleichzeitig die Konkurrenz durch die traditionellen Anbauländer erdrückend wurde, gaben praktisch alle Unternehmen in den neuen Flachsländern auf.

Subventionsbetrug in Spanien

Besonders umfangreichen Subventionsbetrug gab es in den Jahren von 1996 bis 1999 in Spanien, in den sogar das dortige Landwirtschaftsministerium verwickelt war. Große Teile des spanischen Flachsanbaus erfolgten ausschließlich, um EU-Subventionen zu erhalten und wurden keiner Produktion zugeführt, zumal es keine ausreichenden Aufschlusskapazitäten gab. In den wenigen existierenden Anlagen wurden nur minderwertige Flachsfaserqualitäten ohne Verwertungsmöglichkeiten bzw. -absicht produziert und in den Stroh- und Faserlagern kam es wiederholt zu Bränden. Die EU-Kommission geht davon aus, dass die Zahlen der Produktionsmengen gefälscht wurden. Spanien hat inzwischen die gesamten Subventionszahlungen von 1996 bis 1999 in Höhe von knapp 130 Mio. € nach Brüssel zurück überwiesen. (Kölnische Rundschau 2001)

Ein kurzes Hoch in der portugiesischen Produktion ist zeitgleich mit der Aufdeckung des spanischen Subventionsbetruges verschwunden. Und auch in Großbritannien besteht der Verdacht, dass nur geringe Teile des Anbaus tatsächlich einem Aufschluss zugeführt wurden – auch hier existierten keine ausreichenden Aufschlusskapazitäten.

Aus diesen Gründen wurden die Anbauflächen von Spanien, Portugal und Großbritannien in der Abbildung 3 grau markiert, um den Gesamttrend der EU-Flachswirtschaft nicht zu verdecken.

Auch in Deutschland scheiterte die Wiederbelebung der früher starken Flachswirtschaft. *Näheres hierzu in Kapitel 1.2.3.*

Tabelle 1: Faserflachsanbau in der EU (mit Verarbeitungsbeihilfe)

	1995 in ha	1996 in ha	1997 in ha	1998 in ha	1999 in ha	2000 in ha	2001 in ha	2002 in ha	2003 in ha	2004 in ha	2005 in ha	2006 in ha
Belgien	10.948	10.522	11.664	11.202	12.198	13.308	17.000	15.567	19309	19.822	18.761	15.919
Dänemark	149	61	57	44	32	45	19	0	0	0	0	0
Deutschland	**3.271**	**4.595**	**1.362**	**417**	**547**	**402**	**297**	**299**	**224**	**180**	**38**	**30**
Finnland	104	383	903	613	863	1.067	405	202	97	66	57	17
Frankreich	54.673	44.556	45.400	43.708	48.000	55.629	68.000	68.416	76656	80.534	81.843	76.278
Großbritannien	16.897	20.219	19.080	16.700	14.896	12.089	4.430	156	1976	196	21	0
Irland	5	3	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Italien	20	10	0	1	0	0	0	6	20	75	18	0
Lettland	keine Angaben									1.654	2.072	1.420
Litauen	keine Angaben									5.494	3.599	1.057
Niederlande	4.420	3.813	3.977	3.306	3.568	4.016	4.415	4.000	4500	4.517	4.691	4.366
Österreich	1.370	1.102	700	635	336	450	130	154	142	109	133	129
Polen										218	1.507	788
Portugal	22	135	1.125	1.500	4.430	3.810	80	0	0	0	0	0
Schweden	5	3	47	320	1.327	21	54	25	0	13	0	0
Spanien	11.497	46.613	49.045	88.046	126.226	13.895	215	60	0	0	0	0
Tschechische Republik	keine Angaben									5.372	4.303	2.736
Ungarn	keine Angaben									0	0	0
EU	**103.381**	**132.015**	**133.402**	**166.492**	**212.423**	**104.732**	**95.045**	**88.885**	**102.924**	**118.251**	**117.043**	**102.740**

Quellen: BLE 2006a, BMELV 2007

1.2.2 Hanfanbau in der EU

Bis Anfang der 90er Jahre hat der Hanfanbau in der EU nur in Frankreich mit etwa 6.000 ha Anbaufläche überlebt und dies mit einer speziellen Aufschlusstechnik (Hammermühlen) zur Produktion von Hanffasern für die Zigarettenpapierindustrie *(Kapitel 4.5)*. Zusätzlich wurden noch geringe Mengen in Spanien angebaut und verarbeitet. Abnehmer war auch hier die französische Spezialpapierindustrie. Alle anderen Länder hatten den Hanf als nachwachsenden Rohstoff vergessen und in vielen Fällen sogar den Anbau verboten *(siehe Kapitel 1.1.2)*.

In den 90er Jahren erfolgte in Europa und auch weltweit die „Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf“. Dies hatte mehrere Gründe:

- Das Buch des US-Autors Jack Herer „Hemp & The Marijunana Conspiracy: The Emperor Wears No Clothes“ belebte weltweit das Wissen um die alte Kulturpflanze Hanf neu – wenn auch mit übertriebenen und teils unsachlichen Darstellungen. Die deutsche Ausgabe „Hanf – Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Cannabis Marihuana Hanf“ war um ein Kapitel zur europäischen Geschichte und eine wissenschaftliche Studie erweitert (Herer et al. 1993), wurde weit über 100.000 mal verkauft und spielte eine ganz wesentliche Rolle bei der Überwindung der deutschen Anbauverbote.

- Die Agrarwirtschaft war in den 90er Jahren auf der Suche nach Alternativen zum stagnierenden oder sogar rückläufigen Nahrungsmittelanbau. Nachwachsende Rohstoffe waren hoch im Kurs, viele Projekte auf EU- oder nationaler Ebene befassten sich mit Flachsfasern und möglichen neuen technischen Anwendungen. Auch wenn die meisten Flachsprojekte letztendlich scheiterten, so ebneten sie doch späteren Hanfprojekten den Weg, konnten diese doch auf viele Erfahrungen und Entwicklungen aus dem Flachsbereich aufbauen. In vielen Fällen erwies sich Hanf für technische Anwendungen als die ökonomisch besser geeignete Pflanze.

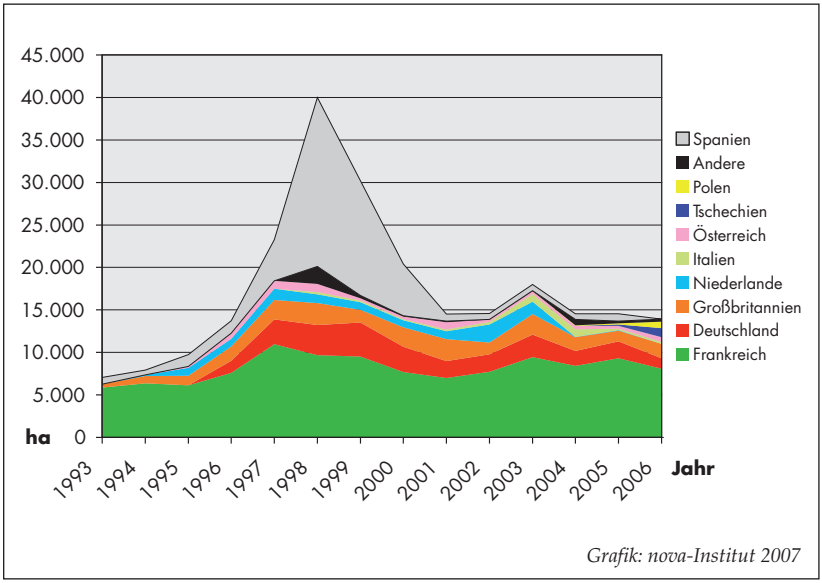
- Die sehr günstigen finanziellen Rahmenbedingungen (EU-Beihilfen) in den 90er Jahren weckten ebenso das Interesse vieler Landwirte. War da doch eine alte Kulturpflanze, für die es erhebliche EU-Beihilfen gab, die im eigenen Land vergessen oder sogar verboten war – das musste anders werden!

So wurde nach und nach in Großbritannien, den Niederlanden, Deutschland und Österreich der Hanfanbau wieder frei gegeben, Landwirte wurden geschult, Unternehmen gegründet, Produkte entwickelt und Vermarktungswege erschlossen. In den Jahren 1997 und 1998 kam es – auch ohne die Anbauflächen Spaniens – so zu einem ersten Spitzenwert von 20.000 ha. Innerhalb von wenigen Jahren hatten sich die Anbauflächen fast vervierfacht!

Die großen Anbauflächen in Spanien waren nicht real; der Hanf wurde wie der Flachs primär wegen der Subventionen angebaut und nur in geringen Mengen einer tatsächlichen Produktion zugeführt *(vgl. Kapitel 1.2.1)*, daher auch hier die graue Darstellung.

Abbildung 4 und Tabelle 2 zeigen nur den Hanfanbau auf Flächen mit EU-Beihilfe. In den meisten EU-Ländern spielt der Anbau auf anderen Flächen eine nur marginale Rolle. Es sei aber darauf hingewiesen, dass z.B. in Schweden Hanf zwar nicht auf Flächen mit EU-Beihilfe angebaut wird, dafür aber auf anderen Flächen 512 ha (2006), die in Abbildung und Tabelle nicht zu sehen sind; der Hanf wird hier vor allem energetisch genutzt (Rolandsson 2006, Svennerstedt 2006).

Abbildung 4: Hanfanbau in der EU (1993 – 2005)



Quellen: BLE 2006a, BMELV 2007

Im Zeitraum von 1999 bis 2006 scheiterten mehrere Hanffaser-Aufschlussunternehmen an technischen Problemen und an den wirtschaftlichen Herausforderungen des Marktes (zumal die EU-Kommission in diesem Zeitraum die Beihilfe deutlich senkte *(vgl. Kapitel 6.1.1)*, während andere Produzenten diese meisterten und ihre Produktion aufrecht erhielten oder sogar ausbauen konnten. Die traditionellen Hanffaserproduzenten in Frankreich konnten gleichzeitig ihre Produktion halten und sogar ausbauen.

Zwischen 2001 und 2006 haben sich Anbauflächen und Produktion weitgehend stabilisiert, wenn auch wichtige Produzenten in den Niederlanden und Deutschland in diesem Zeitraum aufgaben. Für die Zukunft wird erwartet, dass die aktuellen Anbauflächen mindestens gehalten werden können. Das wachsende Interesse an Naturfaser-Werkstoffen und Naturfaser-Dämmstoffen, die Preissteigerungen bei exotischen Naturfasern *(siehe Kapitel 3.2.3)* und das Entstehen neuer Hanfunternehmen in der Tschechischen Republik, Polen und weiteren osteuropäischen Ländern, aber auch neue Investitionen in Großbritannien, Frankreich und Deutschland lassen erwarten, dass in den nächsten Jahren die Anbauflächen von heute knapp 15.000 ha auf mehr als 20.000 ha wachsen werden.

Grundsätzlich sind – bei entsprechenden wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen – mittel- bis langfristig für europäischen Hanf und Flachs im technischen Bereich noch ganz erhebliche Steigerungen möglich. Dies hängt primär von der Nachfrage im Bereich der Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe *(siehe Kapitel 4)* sowie dem Weltmarktpreisniveau anderer Naturfasern ab *(siehe Kapitel 3)*. Abbildung 6 zeigt den Anbau von Flachs und Hanf auf Stilllegungsflächen in Deutschland *(s.u.)*.

Tabelle 2: Faserhanfanbau in der EU (mit Verarbeitungsbeihilfe)

	1998 in ha	1999 in ha	2000 in ha	2001 in ha	2002 in ha	2003 in ha	2004 in ha	2005 in ha	2006 in ha
Dänemark	26	23	7	7	0	5	0	0	1
Deutschland	**3.553**	**3.993**	**2.967**	**1.993**	**2.035**	**2.628**	**1.730**	**1.985**	**1.233**
Finnland	1.218	93	75	116	39	10	6	0	75
Frankreich	9.682	9.515	7.700	7.000	7.729	9.452	8.427	9.315	8.083
Großbritannien	2.556	1.517	2.298	2.556	1.413	2.438	1.640	1.274	1.671
Irland	28	22	5	1	-	0	0	0	0
Italien	255	197	151	200	300	872	885	157	236
Luxemburg	13	-	-	-	-	0	0	0	
Niederlande	1.055	872	806	946	2.100	1.470	27	49	16
Österreich	974	289	287	860	277	352	397	342	546
Polen	keine Angaben						81	129	762
Portugal	770	185	5	0	-	0	0	0	0
Schweden	-	-	-	-	-	30	147		
Spanien	19.860	13.473	6.103	850	691	744	678	853	3
Tschechische Republik	keine Angaben						0	156	1.086
Ungarn	keine Angabe						539	277	198
EU	**39.990**	**30.179**	**20.404**	**14.529**	**14.584**	**18.001**	**14.557**	**14.538**	**13.911**

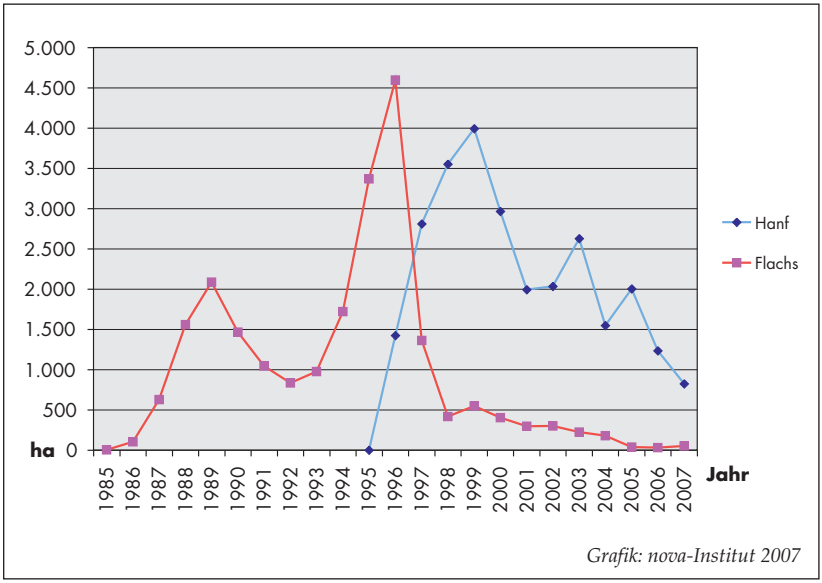
Quelle: BMELV 2007

1.2.3 Flachs- und Hanfanbau in Deutschland

Anbau mit Verarbeitungsbeihilfe

Die Grafik zeigt die Entwicklung des Flachs- und Hanfanbaus mit Verarbeitungsbeihilfe *(siehe Kapitel 6.1.2)* seit 1985. Von dieser Statistik ausgeschlossen ist der Anbau auf Stilllegungsflächen *(s.u.)*.

Abbildung 5: Anbau von Flachs und Hanf in Deutschland seit dem Comeback der Naturfasern (ohne Anbau auf Stilllegungsflächen)



Quelle: BMELV 2007

Trotz erheblicher finanzieller Unterstützung gelang es weder Mitte der 80er Jahre in den alten Bundesländern, noch Mitte der 90er Jahre in den neuen Bundesländern, in Deutschland eine neue Flachswirtschaft aufzubauen. Die deutsche Flachswirtschaft litt unter schlecht funktionierenden Aufschlussanlagen, hohen Produktionskosten, wenig attraktiven Qualitäten und insgesamt mangelndem Absatz. Auf Nachfrage teilte Egon Heger per E-Mail detailliert die Gründe für die schwierige finanzielle Situation einer deutschen Flachs-Langfaserlinie mit:

„Das **Ernterisiko** (Menge UND Qualität) ist in Schleswig-Holstein gegenüber den Hauptanbauländern durch ein wesentlich kleineres Zeitfenster im September um den Faktor 2 bis 3 erhöht. Dieses Risiko ist mit Maschinenkapazität auszugleichen. Daraus folgt, dass der Risikoanteil des Preises von 15 % auf 30 bis 45 % anzuheben wäre, was angesichts der in der Relation dazu knappen Margen unmöglich ist.

Marktferne Textilflachs: Zusätzliche Kosten der Warenabgabe erhöhen Faserpreis um 3 % (was bei knappen Margen weh tut). Inkompatibilität der Entfernung mit Handelsusancen: Wenn ein Faseraufkäufer – und nur der kann kleine Einzellose zu großen Partien zusammenstellen – 1.400 km fährt, um 80 t Fasern zu sehen, so findet sich ein „Schmerzensgeld" im Kaufpreis wieder. Ein direkter Handel mit den Spinnereien war mangels großer einheitlicher Partien nur selten möglich und ist für einen Betrieb unserer Größenordnung auch in den Hauptanbauländern unüblich.

Keine Spekulationsgewinne: Die finanziell oft komfortabel ausgestatteten Betriebe in den Hauptanbauländern sind teilweise in der Lage, 12 bis 18 Monate ohne Verkäufe zu überleben. Angesichts der Preisschwankungen für das Hauptprodukt Langflachs von bis zu 80 % im Verlauf eines Jahres können dann beträchtliche Spekulationsgewinne realisiert werden. Die Liquidität der Firma Holstein Flachs hat oft dazu gezwungen, auch in Tiefpreisphasen zu verkaufen, so dass diese außerordentlichen Erträge stets fehlten." (Heger 2007)

Die steigende Nachfrage in Deutschland nach Naturfasern in technischen Anwendungen wurde vor allem durch Flachsfaser-Importe aus Frankreich und Belgien, Importe exotischer Fasern aus Asien, Afrika und Südamerika und später durch die einheimische Hanfwirtschaft gedeckt *(Kapitel 3)*. Die für Flachs entwickelten Technologien wurden für heimischen Hanf und für Importfasern genutzt – ohne dass der heimische Flachsanbau davon profitieren konnte.

Eine Wiederbelebung der Flachswirtschaft wird in Deutschland auf absehbare Zeit nicht mehr erwartet: Im Textilbereich ist die Konkurrenz aus Frankreich und Belgien zu stark, in technischen Anwendungen wird deutscher Flachs von preiswerten Kurzfasern aus Frankreich und Belgien sowie preiswerten Hanffasern aus Deutschland und anderen EU-Ländern unter Druck gesetzt.

Die deutsche Hanfwirtschaft konnte sich in den letzten Jahren stabilisieren, nachdem zunächst in der Euphorie nach dem Wegfall der Anbauverbote mehr Hanf angebaut wurde, als verarbeitet und vermarktet werden konnte. Von der jetzigen soliden Basis aus ist eine erneute Erweiterung der Anbauflächen möglich und wahrscheinlich. Mehrere neue Projekte stehen in den Startlöchern und können nun auf zehnjährige Erfahrungen zurückgreifen.

Der scheinbare Zusammenbruch der Anbaufläche auf unter 1.000 ha im Jahr 2007 sieht dramatischer aus, als er ist. Aufgrund von Konkursen einiger neuer Hanfunternehmen gab es Anfang 2007 noch große Restbestände an Hanfstroh, die nun in den bestehenden Anlagen verarbeitet werden. Aus diesem Grund haben die Unternehmen in 2007 ihre Anbauflächen reduziert, werden sie aber in 2008 wieder auf 1.500 bis 2.000 ha ausweiten.

Unter geeigneten wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen (EU-Beihilfen, Erdölpreise, Preise für exotische Naturfasern auf dem Weltmarkt; *siehe Kapitel 6 und 7*) erscheinen mittel- bis langfristig mehrere 10.000 ha Hanfanbaufläche als möglich. In Szenarien mit dauerhaft hohen Holzpreisen und dem Einsatz der Hanfschäben in Leichtbauplatten sind sogar noch deutlich größere Anbauflächen denkbar. *(Siehe Kapitel 7.1)*

Die zukünftigen Potenziale der verschiedenen Flachs- und Hanfproduktlinien werden in den Kapiteln 4 (Fasern) und 5 (Koppelprodukte) näher diskutiert.

Anbau auf Stilllegungsflächen

Gemäß den EU-Beschlüssen zur Reform der gemeinsamen Agrarpolitik ist es möglich, auf stillgelegten Flächen nachwachsende Rohstoffe anzubauen (EU 1992).

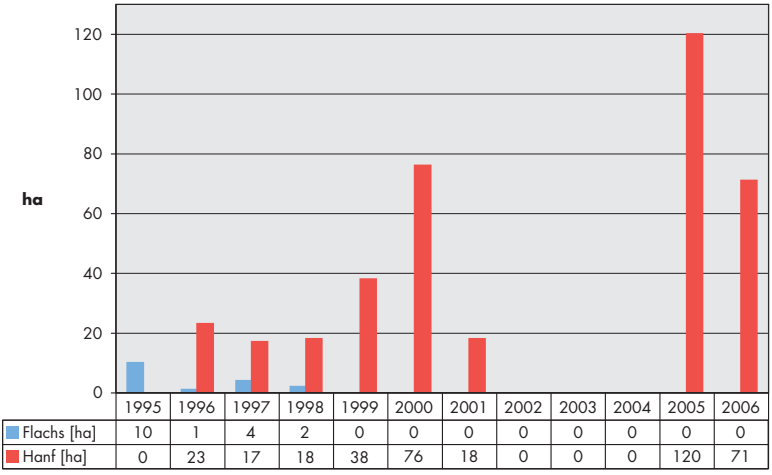
> „Die stillgelegten Flächen können für die Erzeugung von Rohstoffen genutzt werden, die in der Gemeinschaft zu nicht in erster Linie für Lebensmittel- oder Futtermittelzwecke bestimmte Erzeugnisse verarbeitet werden, sofern eine wirksame Kontrolle gewährleistet ist." (EU 1992)

Stilllegungsflächen haben für den Anbau von Flachs und Hanf in Deutschland nie eine große Rolle gespielt. Aktuell wird lediglich auf weniger als 100 ha Stilllegungsflächen Hanf angebaut. Diese Anbauflächen sind zusätzlich zu den in Tabellen 1 und 2 und Abbildungen 3, 4 und 5 (EU und D) genannten Anbauflächen zu sehen.

Im Jahr 2001 wurden 18 Hektar Nutzhanf in Deutschland auf Stilllegungsflächen angebaut. Eine Änderung der EU-Rechtlage (EU 2001) machte dies für die Jahre 2002 – 2004 praktisch unmöglich, so dass erst nach einer erneuten Änderung der Rechtslage (EU 2004) wieder Nutzhanf auf Stilllegungsflächen angebaut werden durfte. Davon wurde im Jahr 2005 wieder Gebrauch gemacht und gleich 120 Hektar Nutzhanf auf solchen Flächen angebaut (BLE 2006a).

Der Vorteil des Anbaus auf Stilllegungsflächen liegt darin, dass der

Abbildung 6: Flachs- und Hanfanbau auf Stilllegungsflächen in Deutschland (1995 – 2006)



	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Flachs [ha]	10	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanf [ha]	0	23	17	18	38	76	18	0	0	0	120	71

Grafik: nova-Institut 2007

Quellen: BLE 2006a, BMELV 2006

Landwirt bei Beibehaltung der Subventionen für die Stilllegung dennoch positive Deckungsbeiträge aus der Fläche ziehen kann. Der Nachteil ist vor allem, dass für Fasern, die von solchen Flächen stammen, keine Verarbeitungsbeihilfe (derzeit 90 € je gewonnener Tonne Hanfkurzfasern, siehe Kapitel 6.1.2) gezahlt wird, was im Ergebnis fast 25 € weniger Erlös je Tonne Stroh entspricht. Zudem muss eine Kaution hinterlegt werden, welche die Liquidität der Betriebe reduziert (Frank 2006). Ebenfalls relevant für die Wirtschaftlichkeitsrechung ist, dass Stilllegungsflächen tendenziell eine, gemessen an der jeweiligen Region, unterdurchschnittliche Bodenqualität aufweisen und somit schwache Erträge erbringen.

Bisher sind die Landwirte in der EU zur Flächenstilllegung verpflichtet – dies könnte sich aufgrund des wachsenden Flächenbedarfes von Energiepflanzen in Zukunft ändern, da allein Raps in Deutschland mit über 300.000 Hektar Anbau auf Stilllegungsflächen seit dem Jahr 2000 (BLE 2006a) klar signalisiert, dass die bisherige Regelung auf nun veränderte Rahmenbedingungen stößt.

1.2.4 Flachs- und Hanfanbau weltweit

Flachs und Hanf werden nicht nur in der Europäischen Union angebaut. Angaben zur weltweiten Produktion bietet die Datenbank FAOSTAT der *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Leider sind die FAOSTAT-Daten für einige EU-Länder ungenau, für andere schlichtweg falsch, weshalb die Angaben der EU in dieser Studie Vorrang haben *(vgl. Tabelle 1)*. Es sollten aber auch die Angaben zu den Nicht-EU-Ländern vorsichtig interpretiert werden.

In der Summe gibt FAOSTAT für das Jahr 2005 eine Anbaufläche von 359.235 Hektar für Flachs und eine Anbaufläche von 40.670 Hektar für Faserhanf außerhalb der EU an. Dabei sind laut FAOSTAT China, Russland, Weißrussland, Ukraine und Ägypten bedeutende Flachsanbauländer außerhalb der EU. Des Weiteren sind den FAOSTAT-Zahlen zufolge China, Nordkorea, Chile, Russland und die Ukraine relativ bedeutende Faserhanfproduzenten. Wie schon erwähnt, sind diese Angaben mit Vorsicht zu genießen.

Die FAOSTAT-Daten schwanken bezüglich Flachsanbau nur geringfügig zwischen den Jahren 2003, 2004 und 2005, so dass die zitierten – sicherlich vorläufigen – Daten für das Jahr 2005 als repräsentativ für die FAOSTAT-Daten der letzten Jahre gelten können (FAOSTAT 2006).

Tabelle 3: Flachsanbaufläche für Fasern (Welt 2005)

Land	Fläche in ha	Land	Fläche in ha
Argentinien	2.700,00	Lettland	2.100,00
Österreich	134,00	Litauen	4.300,00
Weißrussland	71.000,00	Niederlande	4.712,00
Belgien	18.758,00	Polen	5.972,00
Bulgarien	125,00	Rumänien	200,00
Chile	2.500,00	Russland	89.210,00
China	161.000,00	Slowakei	287,00
Tschechische Republik	4.500,00	Spanien	15.000,00
Ägypten	8.900,00	Ukraine	23.600,00
Estland	100,00	Vereinigtes Königreich	18.000,00
Frankreich	78.644,00	**EU***	**155.507,00**
Italien	3.000,00	**Welt**	**514.742,00**

* Bulgarien und Rumänien waren 2005 keine EU-Mitglieder,
daher sind ihre Anbauflächen nicht der EU-Anbaufläche zugerechnet.

Quelle: FAOSTAT 2006

Derzeit sind in FAOSTAT keine Daten über Hanfanbau vorhanden; die FAO wurde hierüber bereits informiert.

Der Hanfexperte Pierre Bouloc, ehemaliger Geschäftsführer des größten EU-Hanfproduzenten LCDA (Frankreich), schätzt die weltweiten Hanfanbauflächen auf etwa 115.000 ha ein (gegenüber seiner ursprünglichen Schätzung wurden die Daten für EU 25 und Kanada aktualisiert). Die EU ist dabei nach China die wichtigste Anbauregion. In China werden die Hanffasern vor allem für die Textilindustrie verwendet, deren Spezialität neben der traditionellen Hanf-Langfaser, wie sie früher auch in Europa hergestellt wurde, eine vermutlich enzymatisch kotonisierte Hanf-Kurzfaser ist, aus der vor allem T-Shirts für den Export nach Europa und Nordamerika produziert werden. China exportiert zwar primär textile Fertigprodukte, in geringeren Mengen aber auch die produzierten Vorprodukte wie Fasern, Garne und Gewebe. *(Vgl. Kapitel 4.7 und 3.2.2)*

Neue Hanfunternehmen in China produzieren Hanf-Kurzfasern zunehmend auch für die Zellstoff- und Papierindustrie sowie die Automobilindustrie (Verbundwerkstoffe). Der Hanfsamen geht vorwiegend ins Vogelfutter, wurde aber stets auch für regionale Lebensmittel genutzt. In den letzten Jahren werden Hanföl und Hanfproteine (aus dem Presskuchen gewonnen) zunehmend auch global als Lebensmittel und Kosmetik-Vorprodukte sowie als Sportlernahrung vermarktet *(siehe auch Kapitel 5.2.3)*. Die Hanfschäben werden vermutlich als Brennstoff und zur Produktion von Spanplatten verwendet.

Tabelle 4: Weltweite Anbauflächen für Hanf im Jahr 2005 (Schätzung)

Gebiet	Hanf-Anbaufläche in ha
EU 25	14.500
Andere europäische Länder	5.700
Asien (China und Nordkorea)	ca. 80.000
Australien	250
Nordamerika (Kanada)	10.000
Südamerika	4.300
Summe	**ca. 115.000**

Quelle: Bouloc 2006a, ergänzt

Kapitel 3.2 behandelt die Konkurrenzsituation von Flachs und Hanf gegenüber exotischen Naturfasern weltweit.

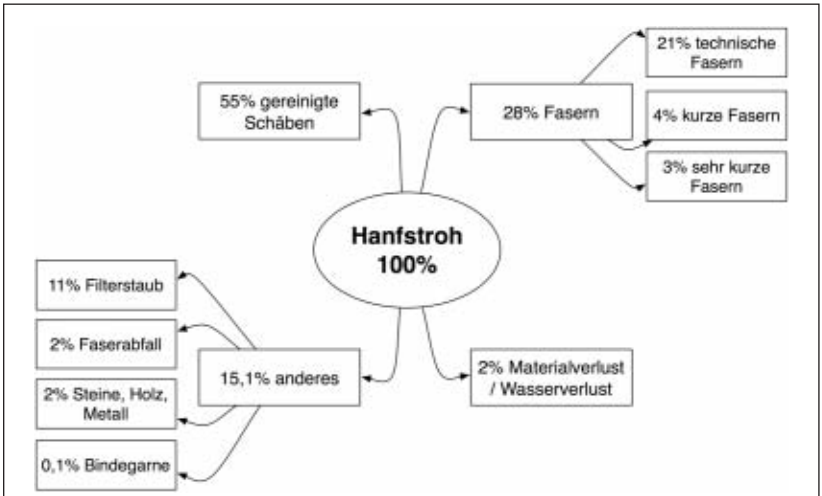
1.3 Produktionsdaten und Märkte für Flachs und Hanf in der EU: Fasern, Schäben und Samen

Einleitung

Die Vermarktung der Fasern macht bei Hanf und Flachs in der Gesamtfaserlinie etwa die Hälfte der Wertschöpfung aus, wohingegen Koppelprodukte bei Flachs in der Langfaserlinie eine deutlich geringere Rolle spielen. *(Vgl. Kapitel 3.1)*

Mengen- und wertmäßig das bedeutendste Koppelprodukt der Hanffasern sind die Schäben, der holzartige Kern der Stängel. Hanfschäben sind als ein besonders hochwertiges, weil effizientes, Tiereinstreu *(siehe Kapitel 5.1.2.1)* sowie als Leichtbauplatten *(siehe Kapitel 5.1.2.2)* zu vermarkten und ermöglichen mit ihren Erlösen überhaupt erst eine wirtschaftlich sinnvolle Produktion von Hanffasern in Europa.

Abbildung 7: Typische Produktfraktionen bei einer modernen Hanf-Gesamtfaserlinie



Grafik: nova-Institut 2007

Dieses Kapitel zeigt den Umfang der Produktion von Fasern, Schäben und Samen in Europa und speziell Deutschland.

Tabelle 5: Produzierte Mengen von Flachs und Hanf in Deutschland: Stroh und Fasern sowie Fläche und Zahl der Landwirte (1985 – 2005)

	Flachs					Hanf			
	Fläche gesamt in ha	Anzahl der Landwirte	Stroh in t	Kurzfasern in t	Langfasern in t	Fläche gesamt in ha	Anzahl der Landwirte	Stroh in t	Kurzfasern in t
1985	2	–	–	–	–	**Der Hanfanbau war in Deutschland von 1982 bis 1995 nicht gestattet.**			
1986	105	–	–	–	–				
1987	627	–	3.762	941					
1988	1.560	–	9.001	2.184					
1989	2.085	–	10.154	2.335					
1990	1.495	–	9.366	1.793					
1991	1.045	–	6.793	1.568					
1992	835	–	4.760	877					
1993	975	–	7.361	1.542					
1994	1.723	150	9.477	2.705					
1995	3.290	153	19.839	4.639					
1996	4.598	133	16.553	3.329		1.419	573	9.224	2.290
1997	1.362	43	3.721	743		2.903	505	17.999	4.500
1998	417	25	1.403	281		3.583	469	21.498	5.375
1999	569	35	2.162	432		4.067	473	22.775	5.694
2000	402	26	1.688	338		3.094	415	19.183	4.796
2001	297	–	1.090	55	121	1.993	–	8.890	1.447
2002	303	–	1.196	105	175	2.114	–	9.345	1.675
2003	224	–	1.079	147	122	2.703	–	13.313	2.917
2004	193	–	898	124	147	1.799	–	8.649	1.640
2005	38	–	200	–	–	2.159	–	11.651	–

Quelle: Schätzungen der BLE, direkte Mitteilung Stand 31.7.2006

Anmerkung: Erstellt auf Basis von zwei Tabellen (1985 – 2000, 2001 – 2006) mit evtl. leicht abweichender Systematik.

1.3.1 Produktionsmengen und Märkte für Flachs- und Hanffasern

1.3.1.1 Absatzstrukturen der europäischen Flachswirtschaft

Wichtigstes Produkt der europäischen Flachsproduzenten sind die Flachs-Langfasern für die Textilindustrie, Kurzfasern sind beim Flachs nur ein Nebenprodukt. Die textilen Flachs-Langfasern haben einen Mengenanteil

von ca. 61 % an der Flachsfaserproduktion, jedoch einen Wertschöpfungsanteil von fast 89 %. *(Siehe Tabelle 6)*

Die Tabelle 6 zeigt die Produktionsmengen für verschiedene Qualitäten und Anwendungen. Knapp 94 % der Erlöse werden im Textilbereich realisiert und hier fast ausschließlich durch die Langfaser, deren durchschnittlicher Preis im Jahr 2003 mit 1,60 €/kg fast fünfmal so teuer war wie der Preis von Flachs-Kurzfasern. Die textilen Langfasern kommen in folgenden Anwendungen zum Einsatz: Bekleidung (50 %), Haushaltswäsche (20 %) und Raumtextilien (13 %). Weitere 17 % werden zur Herstellung von Seilen, Filtern u.ä. eingesetzt (Fachinformationsblatt Faserpflanzen 2006).

Alle anderen Anwendungen wie Papier, Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe kommen zusammen auf kaum mehr als einen Anteil am Gesamterlös von 6 %. Den niedrigsten Marktpreis erzielen dabei Flachs-Kurzfasern für die Papierindustrie.

Tabelle 6: Mengen, Preise und Umsätze der EU-Faserflachswirtschaft mit Fasern im Jahr 2003

Flachsfasern	Menge in t	Preis in €/t	Umsatz in Mio. €	Umsatzanteil in %
textile Langfasern	115.321	1.593	183,7	88,6
textile Kurzfasern	29.500	345	10,2	4,9
Kurzfasern für normale und Spezialpapiere	25.000	170	4,3	2,1
Kurzfasern für Non-wovens (Dämmstoffe etc.)	1.850	400	0,7	0,3
Kurzfasern für Verbundwerkstoffe	17.000	500	8,5	4,1
Summe	188.671	-	207,4	100,0

Quelle: ANDI 2005

Diese Flachs-Langfasern werden zum größten Teil[1] zur weiteren Verarbeitung nach China – wenige Prozente auch nach Brasilien und Ägypten – zur Verarbeitung exportiert (Ernst & Young 2005). Dies betrifft auch einen beträchtlichen Teil der Flachs-Kurzfasern, welche bei der textilen Verwen-

1 *Verschiedenen Experten nach beträgt die EU-Gesamtexportquote der Flachs-Langfasern etwa 70 bis 80 %. In absoluten Zahlen ausgedrückt werden aktuell jährlich ca. 80.000 t Flachs-Langfasern aus der EU nach China exportiert. Ab einer EU-Produktionsmenge von über ca. 100.000 t/Jahr kommt es zu Absatzproblemen. In China selbst werden jährlich etwa 30.000 t Langfaser gewonnen. (Van de Bilt 2006)*

dung den Flachs-Langfasern ebenso beigemengt werden wie Flachs aus chinesischer Produktion. Kurzfasern können zudem kotonisiert und auf Rotorspinnanlagen verarbeitet werden.

Einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss nehmen die im Abstand von mehreren Jahren auftretenden Flachs-Modewellen, in denen Flachstextilien eine kurzzeitig stark erhöhte Nachfrage haben. In diesen Phasen verteuern sich Flachsfasern erheblich und Lagerbestände der Vorjahre werden abgebaut. Damit haben die Lagerbestände nicht nur die Funktion eines Puffers zwischen Jahren mit unterschiedlich guten Ernten, sondern sie haben für manche Händler auch einen spekulativen Charakter.

(Zum Thema Preisentwicklung bei Flachsfasern siehe auch Kapitel 3.1.3.)

Aktuelle Entwicklungen für textile Flachs-Langfasern

Auf dem Jahreskongress des europäischen Flachsverbandes (CELC), der Ende 2006 in Prag stattfand, wurden aktuelle Daten zur Flachs-Langfaserproduktion genannt. Während im Jahr 2005 von knapp 120.000 ha die Rekordmenge von 160.000 t Langflachs geerntet werden konnten, ist für das Jahr 2006 bei einer Anbaufläche von wenig mehr als 100.000 kaum mehr als 110.000 t Langflachs zu erwarten *(vgl. auch Tabelle 1)*. Zudem unterscheiden sich die Qualitäten erheblich: Bot das Jahr 2005 noch überwiegend mittlere und gute Qualitäten, wird für 2006 von einer Drittelung der Menge in gute Langfaser (hell und fest), mittlere bis mindere (blau und weich) und schlechte (dunkel, überröstet) Qualität ausgegangen. Die Versorgung der überwiegend asiatischen Leinenspinnereien kann jedoch als gesichert gelten, zumal noch Überhänge aus dem Vorjahr von mehr als 40.000 t am Markt verfügbar sind. Durch die nun wieder zusammen laufende Schere von Angebot und Nachfrage – 2005 war es infolge der hohen Erntemengen zu einem Überangebot und Preisverfall gekommen – ist bereits in der zweiten Hälfte des Jahres 2006 eine deutliche Preissteigerung für Langfasern zu beobachten. Diese scheint allerdings nicht groß genug zu sein, um den Landwirten den Flachsanbau attraktiv zu machen, zumal mit derzeit gut bezahltem Getreide und Energiepflanzen ökonomisch interessante Alternativen zu Flachs bestehen. Es wird insgesamt erwartet, dass die Flachsanbaufläche in 2007 weiter zurückgehen wird. (Heger 2006)

Deutlich ruhiger als am Langfasermarkt geht es bei der Flachs-Kurzfaser zu, wobei auch hier Preisaufschläge, insbesondere bei höheren Qualitäten, in 2006 notiert wurden. Insgesamt wird einschließlich Läger zu Saisonbeginn 2007 ein Kurzfaseraufkommen von etwa 90.000 t erwartet,

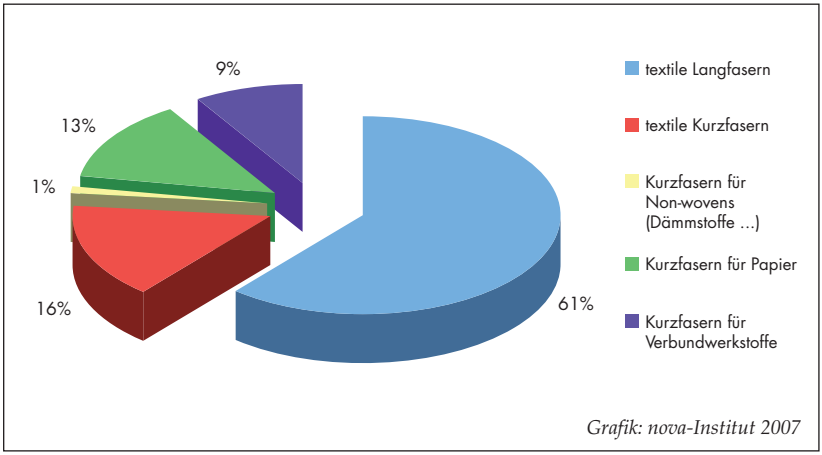
welches sowohl die textilen als auch die technischen Verwendungen abdecken kann. (Heger 2006)

Flachs-Kurzfasern

Jenseits der Textilfasern gibt es weitere Anwendungen für Flachs- und Hanffasern aus europäischer Produktion. Fasern mit einem Schäbengehalt von bis zu 25 % werden für die Zellstoffproduktion verwendet. Aus Hanf werden dabei fast ausschließlich Spezialzellstoffe (insbesondere für Zigarettenpapier) hergestellt, Flachs fließt hingegen auch in bedeutendem Maße in normale Zellstoffe mit ein. Dies ist besonders für die französische und belgische Naturfaserproduktion ein wichtiger Absatzmarkt.

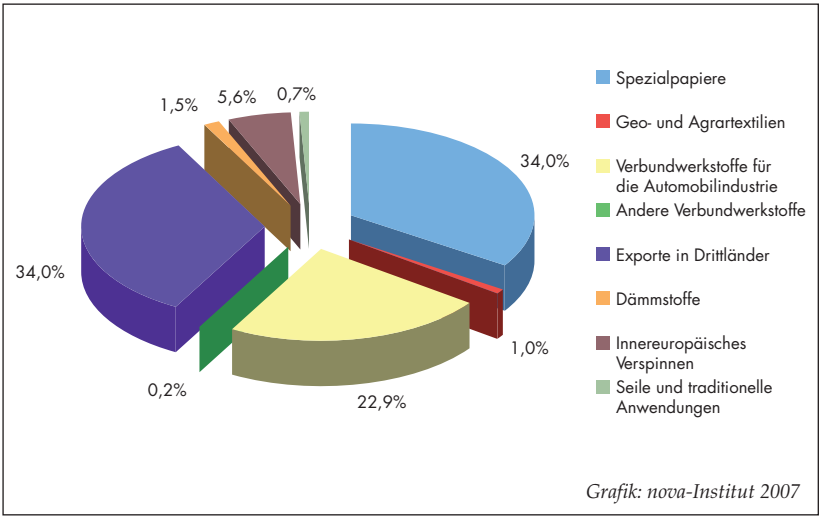
Sowohl Flachs- als auch Hanf-Kurzfasern werden erfolgreich als Verstärkungsfasern in automobilen Verbundwerkstoffen eingesetzt *(siehe Kapitel 4.2)* ebenso wie in Dämmstoffen *(siehe Kapitel 4.4)* sowie in kleinen Mengen in Geo- und Agrartextilien *(siehe Kapitel 4.8)*. Abbildungen 8 und 9 geben einen Überblick über den Einsatz von Flachsfasern nach Anwendungen im Jahr 2003. Neuere Daten liegen leider nicht vor. Es ist allerdings zu erwarten, dass insbesondere die Bereiche Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe seitdem gewachsen sind.

Abbildung 8: Einsatzgebiete europäischer Flachs-Langfasern und -Kurzfasern im Jahr 2003 (nach Absatzmenge)



Quelle: Ernst & Young 2005

Abbildung 9: Absatzmärkte für Flachs-Kurzfasern in der EU im Jahr 2003



Quelle: Ernst & Young 2005

1.3.1.2 Absatzstrukturen der europäischen Hanfwirtschaft

Die älteren und jüngeren Hanfunternehmen in der EU haben höchst unterschiedliche Absatzmärkte. Die ältere französische Hanffaserproduktion ist – wie seit Jahrzehnten – auf die Produktion preiswerter Kurzfasern für Spezialpapiere, insbesondere Zigarettenpapiere, ausgerichtet. Die Aufschlussanlagen arbeiten mit Hammermühlen, die einen hohen Durchsatz haben, gleichzeitig aber die Fasern schädigen, so dass eine Verwendung außerhalb der Zellstoff- und Papierindustrie nur sehr begrenzt möglich ist. Non-wovens wie Matten , Dämmvliese oder gar Textilien können aus diesen Fasern, die Schäbengehalte bis zu 25 % aufweisen, nicht hergestellt werden.

Tabelle 7 zeigt, dass die Anwendung „Spezialpapiere“ fast 83 % der Erlöse der EU-Hanfwirtschaft ausmacht. Dies liegt vor allem an der Dominanz der französischen Hanfindustrie. Vor etwa zehn Jahren, bevor die neuen Hanfländern starteten, lag der Anteil sogar bei über 95 % und geht seitdem zurück.

Tabelle 7: Mengen, Preise und Umsätze der EU-Faserhanfwirtschaft mit Fasern im Jahr 2003

Hanffasern	Menge in t	Preis in €/t	Umsatz in Mio. €	Umsatzanteil in %
Fasern für Spezialpapiere	20.706	371	7,7	82,8
Fasern für Vliese und Filze (insb. Dämmstoffe)	824	500	0,4	4,3
Fasern für Verbundwerkstoffe (vor allem Automobilindustrie)	2.470	500	1,2	12,9
Summe	**24.000**	**–**	**9,3**	**100**

Quelle: ANDI 2005

Die jüngeren Unternehmen aus Großbritannien, den Niederlanden und Deutschland hingegen haben in den letzten Jahren neue Anwendungen für Hanffasern erschlossen, vor allem Verbundwerkstoffe für die Automobilindustrie *(siehe Kapitel 4.2)*, Dämmstoffe und Kresse-Anzuchtfilze *(siehe Kapitel 4.4 und 4.6)*. Hierzu sind Faseraufschlussanlagen notwendig, die denen der Flachs-Kurzfaserverarbeitung ähneln. Ihre Produktion geht aktuell fast ausschließlich in diese neuen Märkte. Anders wäre auch kein Erfolg möglich gewesen, da der Spezialzellstoffmarkt ein gesättigter Markt ist, der zudem fest in der Hand französischer Unternehmer ist, die ihren Rohstoff seit Jahrzehnten aus Frankreich und Spanien beziehen.

Ein interessanter und recht junger Absatzbereich ist der Markt für Dämmstoffvliese. Das Markteinführungsprogramm der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) hat die Entwicklung dieses Marktes in Deutschland stark gefördert und ein großer Teil der deutschen Hanffaserproduktion wurde in 2005 für diese Anwendung verbraucht. Unternehmen in Großbritannien und Frankreich sind derzeit sehr engagiert bemüht, Hanffasern und auch Hanfschäben verstärkt als Dämm- und Baumaterial einzuführen – ein Markt mit enormem Potenzial *(siehe Kapitel 4.4 und 5.1.2)*.

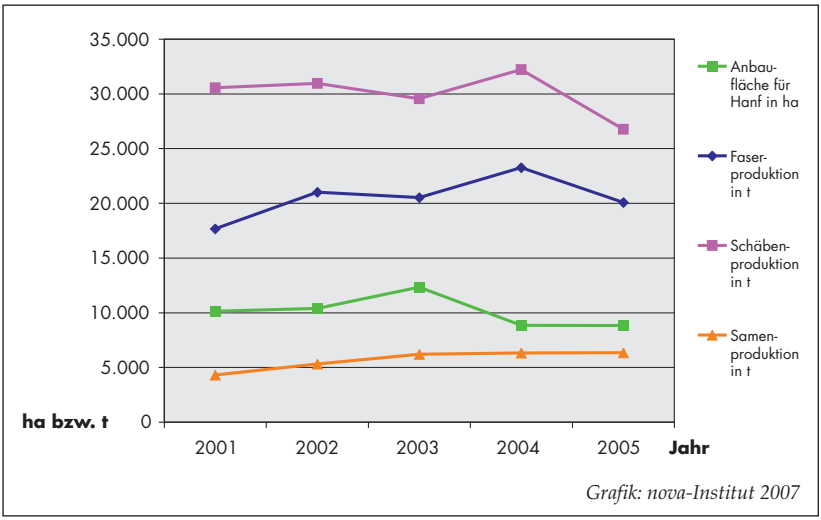
Die Preise für Hanf-Kurzfasern für die genannten technischen Anwendungen liegen aktuell zwischen 0,55 und 0,60 €/kg, also erheblich über den Preisen für die Spezialpapier-Qualität. Vergleicht man die Preise von Hanf und Flachs (siehe vorheriges Kapitel) in diesem Segment, so fällt auf, dass die Flachsfaserpreise weit unter den Hanffaserpreisen liegen. Dies liegt darin begründet, dass die Hanffasern praktisch ausschließlich für

Spezialpapiere bestimmt sind und daher ihre Qualität relativ hoch sein muss, während ein großer Teil der Flachsfasern auch in die normale Papierproduktion geht.

Daten der „European Industrial Hemp Assocation (EIHA)"

In der European Industrial Hemp Association (www.eiha.org) sind die wichtigsten Hanfproduzenten der EU vertreten (seit 2006 allerdings ohne den größten französischen Produzenten LCDA). Seit 2001 erhebt EIHA die Anbau und Produktionsdaten ihrer Mitglieder, die etwa 70 – 80 % der Gesamtproduktion in der EU ausmachen. Im Folgenden werden diese Daten präsentiert und diskutiert, wobei anzumerken ist, dass jene der LCDA für die Jahre 2003, 2004 und 2005 nur geschätzt werden konnten.

Abbildung 10: Anbauflächen und Rohstoffproduktion von EIHA-Mitgliedern (Flächen in Hektar, Produktionsmengen in Tonnen)



Quelle: EIHA 2006a

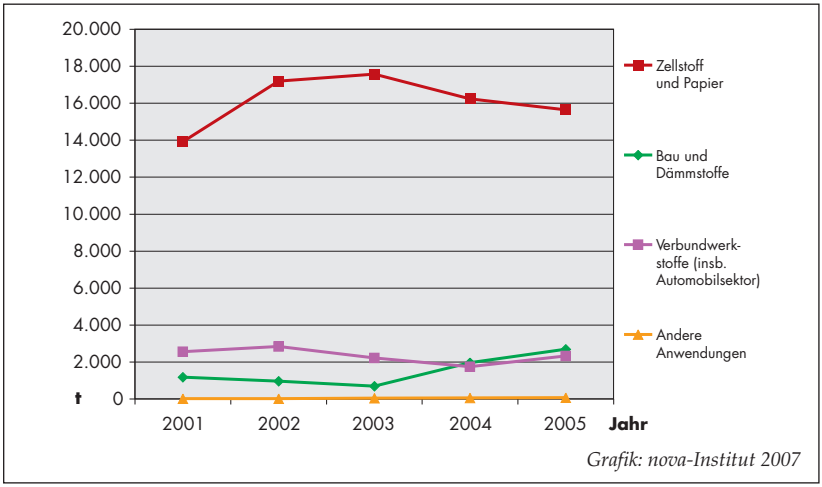
Die Abbildung 10 zeigt, dass sich die Anbauflächen und damit auch die Produktionsmengen an Hanfrohstoffen in den letzten fünf Jahren nur wenig verändert haben. Eine gewisse Asynchronizität zwischen Anbau und Produktion erklärt sich durch die Einlagerung von Stroh, das ohne

Probleme mehrere Jahre (trocken!) gelagert werden kann. Der leichte Rückgang in den letzten drei Jahren lag an dem Herunterfahren von Anbau und Produktion bei dem niederländischen Hanfpionier HempFlax, dessen Zukunft ungewiss ist. Allein im Aufwärtstrend ist die Samenproduktion, die ausschließlich in Koppelnutzung mit der Fasergewinnung erfolgt.

Abbildung 11 zeigt für die EIHA-Mitglieder die Absatzmärkte für Hanffasern. Sichtbar wird die fortwährende Dominanz des Spezialpapiersektors, der durch die französische und spanische Hanfindustrie gedeckt wird, die zu ihren französischen Abnehmern langjährige Geschäftsbeziehungen hat. In Frankreich erfolgt die Produktion teilweise auch voll integriert vom Anbau bis zum Zigarettenpapier. Der Absatz in der EU ist an sich konstant, Peaks können jedoch durch den Export von Hanffasern in Zellstoff-/Papierqualität an die türkische Zigarettenpapier-Industrie entstehen.

Die primären Absatzmärkte der neuen Hanfländer – Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe – haben sich in den letzten Jahren unterschiedlich entwickelt. Während zu Beginn der automobile Verbundwerkstoffmarkt der wichtigste Absatzmarkt war, ist der Dämmstoffmarkt nach einem Tief im Jahr 2003 kontinuierlich gewachsen und hat inzwischen den Verbundwerkstoffmarkt mengenmäßig sogar überholt.

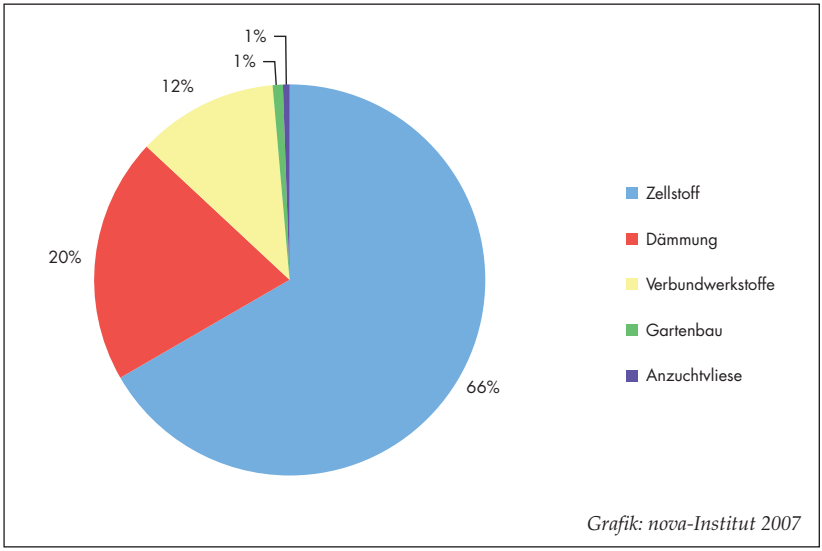
Abbildung 11: Absatzmärkte für Hanffasern von EIHA-Mitgliedern (Absatzmengen in Tonnen)



Quelle: EIHA 2006a

Im Sommer 2007 traf sich der Vorstand der European Industrial Hemp Association und diskutierte detailliert über die Mengen und Anwendungsgebiete für Hanffasern **aller** europäischen Hanfproduzenten. Das Ergebnis ist in Abbildung 11b festgehalten und stellt die aktuellste und umfassendste Schätzung dar. Als Gesamtmenge für die in der EU produzierten Hanffasern im Jahr 2006 wird eine Menge zwischen 22.000 und 24.000 t angesetzt.

Abbildung 11b: Absatzmärkte für Hanffasern aller Hanfproduzenten in der EU in Prozent im Jahr 2006



Quelle: EIHA 2007

Abbildung 11b zeigt, dass der Zellstoffbereich immer noch stark dominiert (66 %), wenn seine relative Bedeutung auch seit Jahren zurückgeht *(vgl. Tabelle 7)*. An zweiter Stelle folgt der Dämmstoffbereich mit 20 %, dessen Bedeutung seit Jahren zunimmt *(vgl. Tabelle 7)*. Der Einsatz in Verbundwerkstoffen stagniert demgegenüber mit 12 % in den letzten Jahren *(vgl. Abbildung 46)*. Kresse-Anzuchtvliese *(Kapitel 4.6)* und der Einsatz von Mulchscheiben u.ä. im Gartenbau spielen eine nur sehr geringe Rolle (ca. 1 %).

1.3.2 Im- und Exportsituation für deutsche und europäische Naturfasern

Export von Naturfasern

Aus der Konzentration der europäischen Flachswirtschaft auf die textile Langfaser ergeben sich für die Produzenten besondere, exportorientierte Wirtschaftsbeziehungen: Da in Europa nicht mehr ausreichende Kapazitäten bestehen, um die Flachstextilfasern zu verspinnen, sind die europäischen Produzenten in eine Abhängigkeit von der Nachfrage der chinesischen Textilindustrie geraten. Der weitaus überwiegende Anteil der Flachs-Langfasern wird seit Jahren zur weiteren Verarbeitung in das Reich der Mitte exportiert. Dies betrifft auch einen beträchtlichen Anteil der Flachs-Kurzfasern, welche bei der textilen Verwendung den Flachlangfasern ebenso beigemengt werden, wie Flachs aus chinesischer Produktion, die aber nach einer Kotonisierung auch auf Rotorspinnanlagen der Baumwollindustrie verarbeitet werden können.

Einen Zusammenbruch der europäischen Flachswirtschaft infolge eines dauerhaften Importstopps Chinas braucht man vermutlich dennoch nicht zu fürchten: Einerseits ist Agrarland in China bereits knapp, so dass das Land seine vielfältigen Importe von Agrarrohstoffen nicht einfach durch Eigenproduktion ersetzen kann, zum anderen wäre es mit hohen Investitionen und Risiken verbunden, die qualitativ hochwertigen europäischen Flachsfasern zu substituieren. China stellt bisher qualitativ weniger hochwertige Flachsfasern her, die als Textilfasern meist in Kombination mit hochwertigeren Langfasern eingesetzt werden können *(siehe auch Kapitel 3.2.2)*.

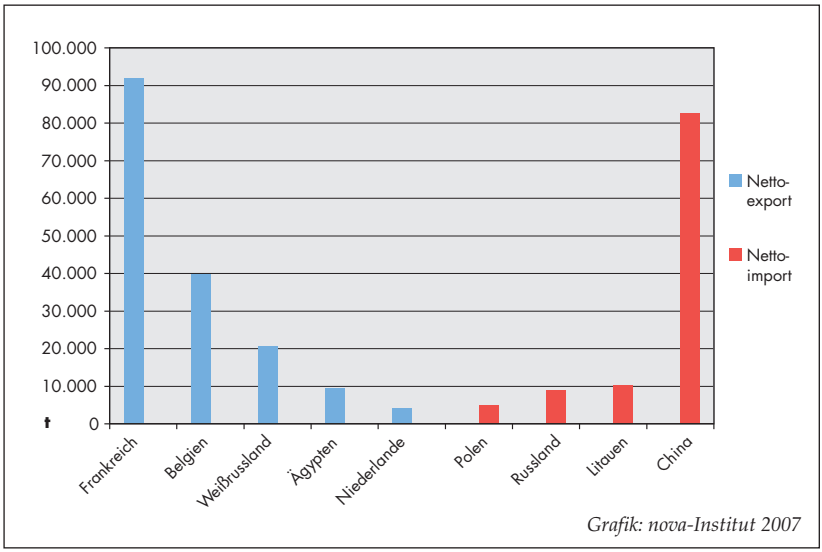
Für die Hanffaserproduktion der EU sind keine relevanten Märkte im EU-Ausland erschlossen worden. Dies war in den letzten Jahren auch nicht erforderlich, da insbesondere vom Dämmstoffsektor eine so starke Nachfrage ausging, dass die Hanffasern der Non-woven Qualität keine Absatzprobleme aufwarfen.

Einzig die in Zellstoff-Qualität produzierten Hanffasern werden zum Teil an die türkische Zigarettenpapierindustrie verkauft, die auf dem Weltmarkt keinen preiswerteren Zugang zu Hanffasern hat.

Im Falle der Markterschließung außerhalb Europas würden die Hanffaserhändler bzw. ihre Kunden auf Vorteile im innereuropäischen Geschäft verzichten müssen: Zollfreiheit, eine ausgeprägte Rechtssicherheit, kurze Transportwege und einfache Geschäftsbeziehungen unmittelbar mit den

Produzenten. Die in der EU produzierten Hanffasern werden also fast ausschließlich auch in der EU weiterverarbeitet und genutzt. Da Faseraufschlussanlagen und teilweise auch die Mattenproduktion in Nähe zum Anbau erfolgen, weist die Hanfwirtschaft eine hohe regionale Wertschöpfung auf.

Abbildung 12: Nettohandelszahlen der wesentlichen Flachshandels-Nationen (Mengen an gehandelten Flachsfasern)



Quelle: FAOSTAT 2006

Abbildung 12 zeigt die Im- und Exportflüsse für Flachsfasern. Es wird sichtbar, dass Frankreich und Belgien die Flachsfabriken der Welt sind – sie ermöglichen die umfangreiche Flachsfaserverarbeitung in der chinesischen Textilindustrie. Eine ähnliche Rolle nimmt Weißrussland für Litauen wahr – Litauen hat aus der Zeit der UdSSR große Überkapazitäten in der Flachsverarbeitung geerbt.

Import von Naturfasern

Es werden praktisch keine Flachs- und Hanffasern in die EU importiert. Dies resultiert aus einem Überangebot an europäischen Flachsfasern und

einem nur geringen Bedarf an Hanfqualitäten, die nicht in der EU selbst produziert werden. Hierbei handelt es sich um geringe Mengen an Hanf-Langfasern vor allem aus Rumänien und China sowie kotonisierte Hanf-Kurzfasern aus China, die für die EU-Textilindustrie (vor allem Italien) importiert werden.

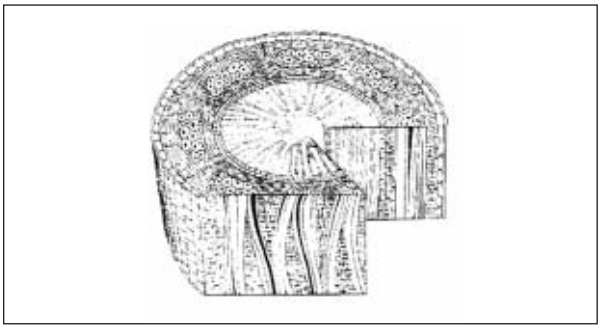
(Die EU-Importe von exotischen Fasern wie Jute, Kenaf und Sisal werden in Kapitel 3.2 ausführlich behandelt.)

1.3.3 Produktionsmengen und Märkte von Schäben

Als Schäben wird der gebrochene Holzkern des Flachs- bzw. Hanfstängels bezeichnet. Beim Hanf machen sie etwa 50 – 60 % des Stängels aus und stellen damit die mengenmäßig größte im Faseraufschluss anfallende Fraktion dar. Ihre primäre Anwendung ist die Verwendung als Tiereinstreu, da insbesondere die Hanfschäben ein sehr hohes Wasseraufnahmevermögen haben *(vgl. Kapitel 5.1.2.1)*. Historisch wurden Hanfschäben vor allem als Brennstoff und für die Span- bzw. Leichtbauplattenproduktion eingesetzt, letztere Anwendung wird auch heute bei steigenden Holzpreisen wieder interessant. *(vgl. Kapitel 5.1.2.2)*

Beim Flachs ist der Anteil der Schäben mit 45 – 55 % etwas geringer, die Absatzmärkte sind ähnlich, wobei die Flachsschäben aus französischer und belgischer Produktion zu großen Mengen in die Spanplattenindustrie gehen und der Tiereinstreumarkt hier nicht die primäre Anwendung darstellt.

Abbildung 13: Zeichnung eines Längs- und Querschnitts eines Hanfstängels



Quelle: Franck 2005

Die wirtschaftliche Bedeutung der Schäben ist für die Verarbeitungsbetriebe, die einen Gesamtfaseraufschluss betreiben, sehr groß; die Schäben machen hier etwa die Hälfte der Wertschöpfung aus. Für die zuständigen Stellen der EU und der Nationalstaaten stehen aber vorrangig die Fasern im Mittelpunkt ihrer Betrachtungen. Dementsprechend gibt es zwar Statistiken zu Anbauflächen, zur Menge des erzeugten Strohs und zur Faserproduktion – doch die Schäbenproduktion kann nur rechnerisch abgeschätzt werden.

Tabelle 8: EU-Schäbenproduktion 2004 (berechnet nach der Strohproduktion 2004)

EU-Land	Flachsstroh-produktion in 2004 in t	Flachsschäben-produktion in 2004 in t	Hanfstroh-produktion in 2004 in t	Hanfschäben-produktion in 2004 in t
Belgien	121.910	60.955	-	-
Dänemark	0	0	0	0
Deutschland	965	483	8.995	4.947
Estland	0	0	-	-
Finnland	330	165	40	22
Frankreich	544.000	272.000	52.247	28.736
Griechenland	-	-	-	-
Großbritannien	0	0	5.371	2.954
Irland	0	0	0	0
Italien	240	120	2.640	1.452
Lettland	6.480	3.240	-	-
Litauen	22.386	11.193	-	-
Luxemburg	-	-	-	-
Malta	-	-	-	-
Niederlande	26.400	13.200	243	134
Österreich	545	273	1.785	982
Polen	31.725	15.862	(?) 6.090	(?) 3.350
Portugal	0	0	0	0
Schweden	180	90	-	-
Slowakei	395	198	-	-
Slowenien	-	-	-	-

EU-Land	Flachsstroh-produktion in 2004 in t	Flachsschäben-produktion in 2004 in t	Hanfstroh-produktion in 2004 in t	Hanfschäben-produktion in 2004 in t
Spanien	0	0	2.606	1.433
Tschechei	19.300	9.650	1.734	954
Ungarn	0	0	3.180	1.749
Zypern	-	-	-	-
Summe	**774.856**	**373.153**	**84.931**	**46.713**

Quelle (Stroh): Ernst & Young 2005

Die obige Tabelle beruht auf Angaben zur Flachs- und Hanfstrohproduktion in europäischen Ländern, die von Ernst & Young selbst zusammengestellt wurden (Ernst & Young 2005). Die Spalten mit den Angaben zur Schäbenproduktion wurden berechnet, da keine direkte Statistik zur Verfügung stand. Dabei wurde für Flachsstroh eine Schäbenausbeute von 50 % und bei Hanfstroh eine solche von 55 % angesetzt.

Die Werte zur polnischen Hanfstrohproduktion – und dementsprechend der berechnete Wert für die polnische Hanfschäbenproduktion – sind vermutlich zu groß. Auf Grundlage der Tabelle 2 in Kapitel 1.2.2 kann man eher eine polnische Hanfschäbenproduktion nahe 200 t erwarten.

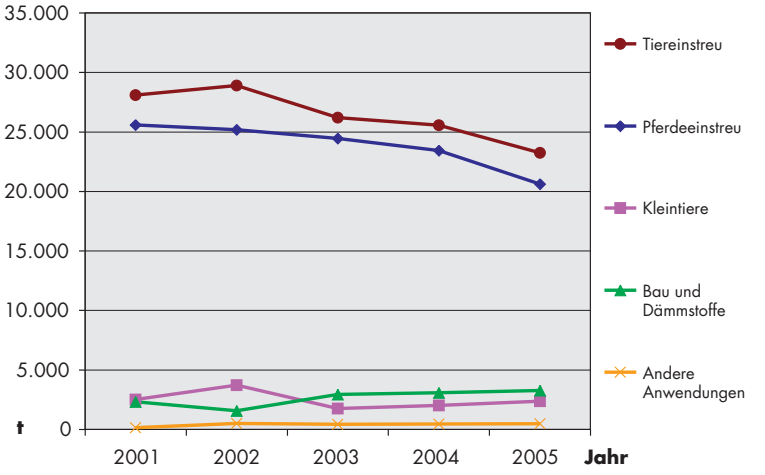
(Weitere Informationen zu Einsatzgebieten von Schäben siehe Kapitel 5.1.)

Daten der European Industrial Hemp Association (EIHA)

Abbildung 14 zeigt die wichtigsten Absatzmärkte für Hanfschäben aus Produktion der EIHA-Mitglieder seit 2001. Tiereinstreu ist immer noch der wichtigste Markt und hier vor allem das Pferdeeinstreu. Der Produktions- und Absatzrückgang liegt zum einen an dem Herunterfahren der Produktion bei HempFlax (Niederlande), die sehr aktiv im Tiereinstreu-Marketing waren, und zum anderen an einem schwereren Marktumfeld durch die Konkurrenz anderer nachwachsender Rohstoffe im Einstreumarkt (Stroh, Miscanthus, Flachsschäben etc.).

Gewachsen ist vor allem der Baumarkt, wo Schäben in Kombination mit Kalk – insbesondere in Frankreich – zunehmenden Einsatz finden *(vgl. Kapitel 5.1.2.4)*. Die Verwendung in Leichtbauplatten steht noch in ihren Anfängen, kann aber potenziell ein wichtiger Markt werden.

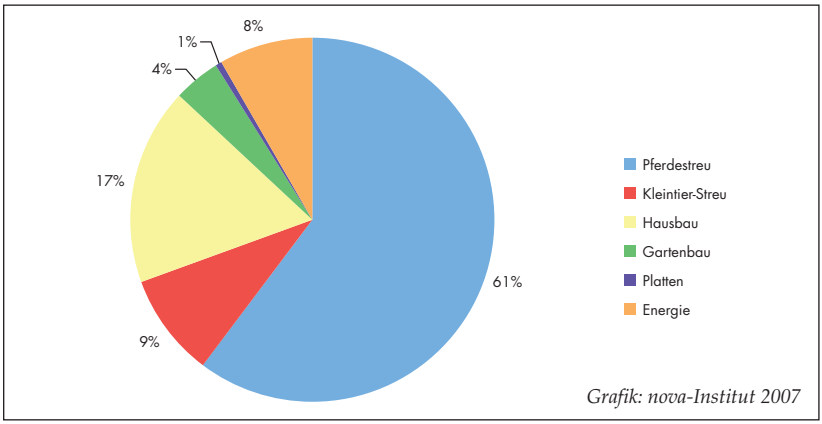
Abbildung 14: Absatzmärkte für Hanfschäben aus Produktion der EIHA-Mitglieder (2001 – 2005)



Quelle: EIHA 2006a

Im Sommer 2007 traf sich der Vorstand der European Industrial Hemp Association und diskutierte detailliert über die Mengen und Anwendungsgebiete für Hanfschäben **aller** europäischen Hanfproduzenten. Das Ergebnis ist in Abbildung 14b festgehalten und stellt die aktuellste und umfassendste Schätzung dar. Als Gesamtmenge für in der EU produzierten Hanfschäben im Jahr 2006 wird eine Menge zwischen 44.000 und 48.000 t angesetzt. (EIHA 2007)

Abbildung 14b: Absatzmärkte für Hanfschäben aller Hanfproduzenten in der EU in Prozent im Jahr 2006



Quelle: EIHA 2007

Abbildung 14b zeigt, dass der Pferdestreu-Bereich immer noch deutlich dominiert (61 %), wenn auch in den letzten Jahren andere Bereiche an Bedeutung gewonnen haben, wie insbesondere der Hausbau (17 %). Es folgen Kleintier-Streu mit 9 %, Energie (Verbrennung) mit 8 %, Gartenbau (Mulch) mit 4 % und Plattenwerkstoffe mit 1 %. (*Siehe Kapitel 5.1)*

1.3.4 Produktionsmengen und Märkte von Samen

Flachs

Beim Flachsanbau wird zwischen Faser- und Öllein unterschieden. Zur Samen- und Ölgewinnung wird Öllein angebaut (weltweit vor allem in Kanada, in Deutschland in den neuen Bundesländern). Beim Faserflachs, der neben Hanf im Mittelpunkt dieser Studie steht, sind Leinsamen selten ein wirtschaftlich relevantes Koppelprodukt.

Trotz entsprechender Versuche bei der Flachszüchtung ist bis heute der Anbau von speziellen Faserflachssorten für die Fasergewinnung und spezieller Ölleinsorten zur Samengewinnung ohne Fasernutzung am wirtschaftlichsten.

Wird beim Faserflachs auf die Ernte der Samen im ersten Ernteschritt

verzichtet, so gehen sie bei der Röste *(siehe Kapitel 2.1)* verloren (Heger 2006). In Deutschland erfolgt auf ca. 1/6 der Faserflachs-Anbaufläche eine Koppelnutzung mit geringer Samenausbeute (Heger 2006).

Hanf

Anders ist dies beim Hanf: Zumindest in klimatisch begünstigten Gegenden ist eine Koppelnutzung von Stroh und Samen wirtschaftlich sinnvoll und stellt in Europa die dominante Form der Hanfsamenerzeugung dar. Vorwiegend in Mittel- und Südeuropa werden neben Fasern und Schäben auch Hanfsamen gewonnen (EIHA 2006a). Dem Mehrerlös durch die Samenernte stehen eine prozessbedingte Senkung des Strohertrages um 0,8 bis 1,0 t/ha und ein leicht erhöhtes Witterungsrisiko gegenüber *(siehe Kapitel 2.1)*. Es wird vor der Strohernte erst der obere, Samen tragende Teil der Pflanzen abgeschnitten und ausgedroschen.

Dieses Zusatzrisiko entsteht, weil die Ernte erst mit der Samenreife, also einige Wochen später als bei reiner Strohnutzung, erfolgen kann. Aus diesem Grund werden in Norddeutschland, den Niederlanden oder auch Großbritannien keine relevanten Mengen an Hanfsamen produziert: Bis die Samen ausgereift sind, kann es so lange dauern (bis in den Herbst hinein), dass das Wetterrisiko für die Strohernte und die Feldröste zu hoch wird.

Gute Gebiete für eine Koppelnutzung sind Baden-Württemberg und die französischen Anbaugebiete. Insgesamt umfasst die Koppelnutzung von Stroh und Samen etwa die Hälfte der EU-Nutzhanf-Anbaufläche. Der Samenertrag ausgewählter Nutzhanfsorten ist in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Samenertrag ausgewählter Nutzhanfsorten

Industrie-hanfsorte	Herkunft	EU-Liste	Samenertrag in kg/ha	Frühreif	Spätreif
Ferimon 12	F	Ja	800 – 900	+++	
Futura 77	F	Ja	750 – 800		+++
Fedora 19	F	Ja	950 – 1.200	+++	
Felina 34	F	Ja	900 – 950	++	
Fedrina 74	F	Ja	800 – 850	++	
Beniko	P	Ja	> 1.000	++	
USO 31	Ukr.	Ja	700 – 1.000	+++	
Fasamo	D	Ja	ca. 1.000	+++	

Quelle: Karus et al. 2003

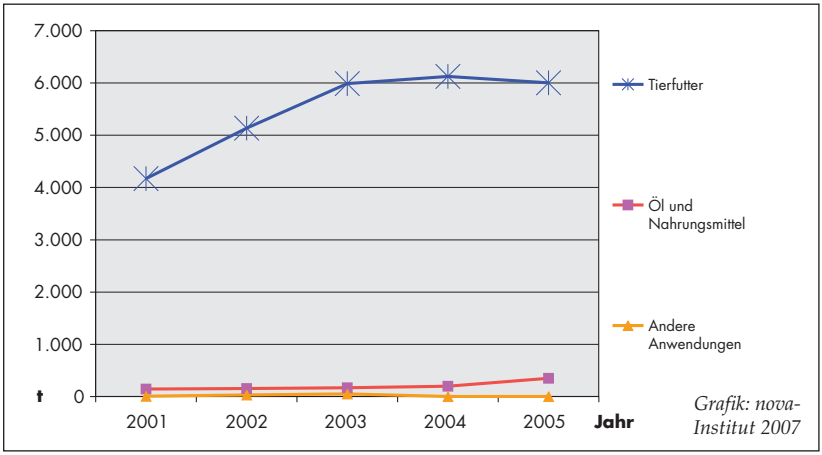
Zusätzlich zur Samenproduktion gibt es insbesondere in Frankreich und Baden-Württemberg auch eine EU-Saatgutproduktion. Bei einer EU-Anbaufläche von ca. 14.500 ha und einer Aussaat von ca. 40 kg/ha ist mit einem Saatgutverbrauch von etwa 600 Tonnen jährlich zu rechnen.

Daten der European Industrial Hemp Association (EIHA)

Abbildung 15 zeigt die Absatzmärkte von Hanfsamen aus Produktion der EIHA-Mitglieder. Wichtigster Absatzmarkt ist seit Jahrzehnten der Tierfuttermarkt, hier insbesondere Vogelfutter und in geringen Mengen auch Fischfutter. Der Markt ist recht konstant und wird durch Hanfsamen aus der EU (Frankreich, Ungarn, Deutschland, Österreich) und China gedeckt. Der chinesische Marktanteil hängt dabei vor allem vom Wechselkurs zwischen US-Dollar und Euro ab.

Im Wachstum begriffen ist der Markt für Hanf-Lebensmittel. Wichtigstes Produkt sind ungeschälte und geschälte Hanfsamen sowie Hanföl, die sowohl als Rohstoffe als auch in unterschiedlichen Endprodukten angeboten werden *(siehe Kapitel 5.2.2.2)*. Hanföl eignet sich sehr gut als Rohstoff für Hautpflegemittel und Kosmetika. Hier sind die Absatzmengen aber noch sehr klein.

Abbildung 15: Absatzmärkte für Hanfsamen aus Produktion der EIHA-Mitglieder (2001 – 2005)



Quelle: EIHA 2006a

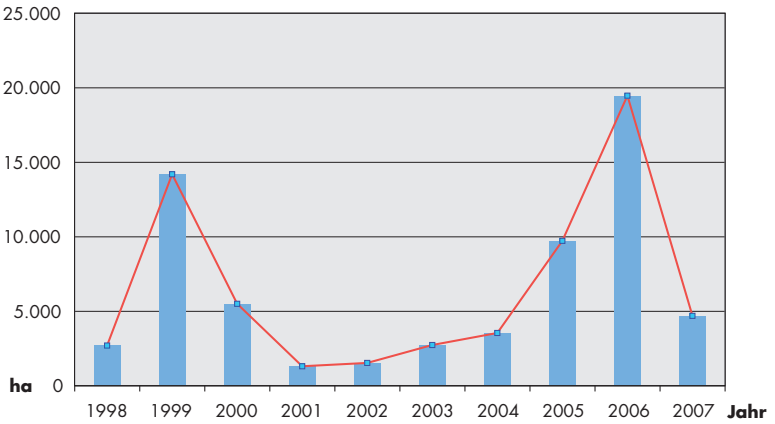
Kanada

Wie wichtig Informations- und Imagekampagnen sowie geeignete Produkte und ihr Marketing sind, zeigt das Beispiel Kanada. Die Abbildung 16 zeigt die Entwicklung der Hanfanbauflächen in Kanada. Hanf wird hier – einmalig in der Welt – nahezu ausschließlich für die Samengewinnung angebaut (Versuche, auch die Fasern und Schäben in relevanten Mengen zu produzieren und zu vermarkten, sind bislang gescheitert).

Von dem unrealistischen Start-Peak im Jahr 1999 abgesehen, hat sich der Hanfanbau in Kanada solide und kontinuierlich nach oben entwickelt. Dieses Jahr werden fast 20.000 ha Hanf angebaut, das ist mehr, als in der gesamten EU angebaut wird. Noch vor wenigen Jahren hätte man eine solche Entwicklung für vollkommen unmöglich angesehen.

Der deutliche Rückgang im Jahr 2007 zeigt, dass die Anbauflächen im Jahr 2006 schneller als der Absatzmarkt gewachsen waren. Daher waren die Hanfsamen-Lager zur Anbausaison 2007 noch gefüllt und die Landwirte reduzierten ihre Flächen entsprechend. Der Aufwärtstrend wird sich aber wohl im Jahr 2008 fortsetzen, da der Absatz der Hanfsamen am

Abbildung 16: Hanfanbau zur Samengewinnung in Kanada



Quellen: Leson 2006a, Leson 2007

nordamerikanischen Lebensmittelmarkt unverändert wuchs und wächst. (Leson 2007)

In Nordamerika ist es gelungen, den hohen ernährungsphysiologischen Wert des Hanfsamens adäquat zu kommunizieren sowie hochwertige Produkte auf Basis von Samen, Öl und auch Hanfproteinen flächendeckend anzubieten.

Es wird nicht leicht sein, den erstaunlichen Erfolg von Hanflebensmitteln (und auch Hanf-Hautpflegemitteln) in Nordamerika, der unter sehr speziellen Bedingungen zustande kam (Leson 2005), in Europa oder auch Deutschland zu wiederholen. Hauptproblem sind Informationsdefizite bei Wissenschaft, Lebensmittelindustrie, Handel und Öffentlichkeit in Bezug auf die Hochwertigkeit und die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Hanfsamen. Gleichzeitig scheuen sich größere Lebensmittelunternehmen, das Thema aufzugreifen, da sie – sicherlich teils auch berechtigt – Sorge um das Marketingimage haben. Nur langsam wird sich die europäische Hanfindustrie aus den Fesseln der Informationsdefizite, geringem Angebot, niedrigen Qualitäten bei relativ hohen Preisen und wenig attraktiven Produkten (alles im Vergleich zu Nordamerika) lösen können.

(Mehr zu Inhaltsstoffen und Produkten aus Hanfsamen sowie Märkten findet man in Kapitel 5.2.3.)

2.

Anbau und Faseraufschluss: Ökonomie und Technik

2 Anbau und Faseraufschluss: Ökonomie und Technik

Die Produktionskosten haben einen entscheidenden Einfluss auf die Konkurrenzfähigkeit von Flachs- und Hanfprodukten im Wettbewerb mit anderen Naturprodukten und synthetischen Produkten. Qualitative Unterschiede alleine erklären nicht den aktuell bescheidenen Einsatz von z.B. Hanf- und Flachsfasern. Ihre technische Eignung würde bei einem niedrigeren Preis zu umfangreicherer Verwendung führen.

In diesem Kapitel geht es in erster Linie um die Produktionskosten, zunächst in Unterkapitel 2.1 um die Kosten der landwirtschaftlichen Produktion bis zum Stroh und dann in Unterkapitel 2.2 um die Kosten bei einem typischen Faseraufschluss in Gesamtfaserlinie, wie er in Deutschland, Großbritannien oder den Niederlanden vor allem beim Hanf heute Standard ist. Neben rein ökonomischen Daten wird auch der Energieaufwand der Produktion betrachtet, da dieser bei steigenden Energiepreisen zunehmend die Gesamtwirtschaftlichkeit und Konkurrenzfähigkeit beeinflusst.

In diesem Kontext wird auch auf die Koppelprodukte wie Schäben und Samen eingegangen, deren Verkaufserlöse ökonomisch ebenso wichtig sind wie die der Fasern.

In den Unterkapiteln 2.3 und 2.4 geht es dann um ausgewählte technische Aspekte. Dabei bleiben Anbau und Ernte unberücksichtigt. Teilweise werden technische Aspekte bereits in Kapitel 2.1 angesprochen, zum anderen gibt es hier wenig Neues, was über bestehende Publikationen wie z.B. Bòcsa et al. 2000 hinausginge.

Thema des Kapitels 2.3 sind die Eigenschaften von Naturfasern und ihre zuverlässige Datenerfassung und Kapitel 2.4 behandelt die verschiedenen Faseraufschluss-Konzepte.

Eine Besonderheit des Kapitels 2 ist die Einbeziehung externer Experten vom Deutschen Naturfaserverband (DNV) und des Faserinstituts Bremen (FIBRE), denen an dieser Stelle ganz herzlich für Ihre Mitarbeit gedankt sein soll.

2.1 Ökonomie des Hanf- und Flachsanbaus

Autoren: Jürgen Steger (Deutscher Naturfaserverband (DNV), Hermann Brockmann (DNV) und Michael Carus (nova-Institut)

Die Rahmenbedingungen, unter denen die klassische landwirtschaftliche Produktion stattfindet, unterscheidet sich von der typischen industriellen Güterproduktion[2]. Aus der Möglichkeit, unter Berücksichtigung der naturräumlichen Ausstattung des Standortes verschiedene Ackerkulturen anbauen zu können[3], ergeben sich unterschiedlich attraktive Alternativen. Darüber, ob eine Pflanzenart angebaut wird, und welche Stellung sie in der Fruchtfolge hat, entscheidet die relative Vorzüglichkeit[4]. Um dies festzustellen, werden Aufwendungen[5], Erlöse[6] und Risiken[7] betrachtet[8]. Dazu führt das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) für die bedeutenden Kulturarten Berechnungen durch, die es jährlich aktualisiert und veröffentlicht. Sie bilden ein wesentliches Hilfsmittel für die landwirtschaftliche Betriebsplanung. Wegen der zur Zeit geringen Bedeutung des Faserhanf- und Faserflachsanbaus erhebt und veröffentlicht das KTBL hierzu aktuell keine Angaben.

Wegen der zuvor erwähnten Möglichkeit, zwischen dem Anbau mehrerer Kulturarten entscheiden zu können, ergibt sich für den Erstaufbereiter *(siehe auch Kapitel 2.2)* der Zwang, Strohpreise anzubieten, die den Faserpflanzenanbau für die Landwirtschaft lukrativ machen. In den folgenden Unterkapiteln soll die Kostenstruktur des Bastfaserpflanzenanbaus in Deutschland dargestellt werden, um

- die aktuellen und künftigen Potenziale des Faserhanf- und Faserflachsanbaus aufzuzeigen,
- die Kosten der Bereitstellungskette „Bastfasern“ zu ermitteln und
- Landwirten Angaben für die Betriebsplanung zur Verfügung zu stellen.

---

2 *Diese Aussage betrifft vornehmlich Ackerbaubetriebe. Etwas anders ist die Situation in Betrieben, die sich auf die Erzeugung eines bestimmten Produkts konzentrieren, z.B. Fleisch, Eier oder Milch.*
3 *z.B. Getreide, Ölfrüchte, Flachs oder Hanf.*
4 *Vergleich der Produktionsverfahren zur Ermittlung der Rangfolge bei der Bewertung knapper Faktoren*
5 *Umfang der Maßnahmen sowie Kosten für Arbeit-/ Maschinen und Erntekosten, Umfang der Bodenbearbeitung, Saatgutmenge und -preis und Pflanzenschutzmaßnahmen.*
6 *Erlöse: Ertragsmenge und Marktpreise.*
7 *Witterungsrisiko, Wettbewerbsrisiko aus Angebot und Nachfrage.*

Dazu wurden vom Deutschen Naturfaserverband (DNV) Landwirtschaftsbetriebe und Erstaufbereiter bundesweit befragt.

Weil in der Landwirtschaft Deckungsbeitrags- und Vollkostenrechnung parallel angewendet werden, wurde die vorliegende, auf Grundlage der Deckungsbeitragsrechnung erstellte Analyse um für die Vollkostenrechnung notwendige Angaben ergänzt.

2.1.1 Anbau

Die Maßnahmen des Faserpflanzenanbaus lassen sich in die Abschnitte „Grundbodenbearbeitung“[9], „Saatbett und Bestellung“[10] und „Pflege und Düngung“[11] gliedern. Trotz einiger pflanzenspezifischer Unterschiede, auf die in den beiden Unterkapiteln eingegangen werden soll, haben die beiden Bastfaserpflanzen an den Standort ein ähnliches Anforderungsspektrum. Im Weiteren und in den beiden folgenden Unterkapiteln wird im erforderlichen Maße auf die Anbaumaßnahmen eingegangen[12]. So reagieren sowohl Hanf als auch Flachs auf Bodenverdichtung mit Wuchsdepressionen, weshalb mit einer guten Grundbodenbearbeitung für lockere Bodenverhältnisse gesorgt werden muss. Trotz des erheblichen Wasserbedarfs der beiden Kulturarten[13] sind staunasse Standorte für den Anbau ungeeignet.

2.1.1.1 Hanf

Die Aussaat von Hanf erfolgt Ende April bis Anfang Mai, die Ernte, abhängig vom Nutzungszweck (reine Fasergewinnung oder Koppelnutzung), Witterung, Standort und Sorte nach ca. 120 Tagen. Die Saatstärke variiert

---

8 *Hinzu kommen weitere Kriterien wie der Vorfruchtwert und die Arbeitsintensität (letztgenannte spielt vor allem in Regionen mit hoher Veredelungsdichte eine wichtige Rolle).*

9 *Herbst-/Frühjahrsfurche: Pflügen und/oder Grubbern.*

10 *Mit den Teilschritten „Abschleppen und Drillsaat“ oder „Drillkombination“.*

11 *Anorganische/organische Düngung entsprechend den Bodenverhältnissen und Bedarf der Kulturart; ggf. Pflanzenschutzmaßnahmen.*

12 *Aufgrund der Zielsetzung kann dies jedoch nicht detailliert erfolgen. Deshalb soll auf folgende Werke verwiesen werden: Bócsa et al. 2000. Schmidt & Vetter 1997. Flachs: Dambroth & Seehuber 1988. Graf et al. 1997.*

13 *Der mittlere Transpirationskoeffizient der beiden Bastfaserpflanzen kann Näherungsweise mit 400 – 450 l/kg Trockensubstanz (TS) veranschlagt werden.*

– bei technischer Fasernutzung – zwischen 30 und 40 kg/ha. Wegen seiner schnellen Jugendentwicklung und dichtem Bewuchs besteht kein Beikrautdruck. Daher kann auf Pflanzenschutzmaßnahmen verzichtet werden. Weil saure Bodenverhältnisse zur Wachstumshemmung führen, wird die an sauren Standorten übliche Kalkung anteilig berücksichtigt. Hervorzuheben ist ein – im Vergleich zum Flachs – hoher Stickstoffbedarf, was ihn für den Anbau in Regionen mit hoher Veredelungsdichte prädestiniert. Alle Angaben werden in Tabelle 10 dargestellt.

2.1.1.2 Flachs

Hier erfolgt die Aussaat Mitte bis Ende März, die Ernte Ende Juli bis Anfang August. Die Saatdichte beträgt ca. 120 kg/ha. Flachs hat einen geringeren Stickstoffbedarf als Hanf und reagiert negativ auf hohen Reststickstoff. Er ist etwas toleranter gegenüber leicht aciden Bodenverhältnissen. Aus der langsamen Jugendentwicklung ergibt sich die Notwendigkeit umfangreicher Pflanzenschutzmaßnahmen.

Wegen des niedrigeren Stickstoffbedarfs ist Wirtschaftsdünger („Gülle") ungeeignet, die Nährstoffgabe erfolgt daher durch den abgestimmten Einsatz von Stickstoff, Kali und Phosphor. Da in der Regel eine Kalkung zur Verbesserung des pH-Werts nicht erforderlich ist, erfolgt deren monetäre Bewertung nur in geringem Umfang. Alle zuvor gemachten Angaben wurden in Tabelle 10 aufgenommen.

2.1.2 Ernte

Die Ernte gliedert sich in die Abschnitte „Wachstumsunterbrechung"[14], „Röste"[15] und „Pressen und Räumen"[16]. Die erheblichen Unterschiede der Länge der Pflanzenstängel (Hanf: bis zu 3,5 m, Flachs max. 1,2 m) erfordern unterschiedliche Technologien.

---

14 *Bei Hanf „Mahd" ggf. mit Samenernte (Koppelnutzung), bei Flachs „Raufe".*

15 *Mikrobieller Abbau von Lignin und Pektin: Witterungsabhängig bleibt das Stroh 1 bis 3 (Hanf) und 4 bis 5 (Flachs) Wochen auf dem Feld (bei Flachs ggf. unter Einhaltung der Parallellage). Ausnahme: Erzeugung von Grünhanf/-flachs, hier bleibt das Stroh nur wenige Tage zum Trocknen auf dem Feld.*

16 *Pressen und Transport (bei Flachs ggf. unter Einhaltung der Parallellage).*

Eine Besonderheit des Faserpflanzenverarbeitung ist die Röste. Sie dient der Verbesserung der Aufschließbarkeit des Strohs. Dabei bleiben die Stängel nach der Mahd bzw. Raufe zwei bis maximal acht Wochen auf dem Feld[17]. Durch Mikroorganismen werden dabei die Lignine und Pektine abgebaut, die die faserigen mit den holzigen Stängelbestandteilen verbinden. Um möglichst gleichmäßiges Material zu erhalten, wird das Stroh während der Röste zwei- bis dreimal gewendet. Am Ende der Röste soll das Stroh auf ca. 15 % Restfeuchte trocknen. Zum Abtransport wird es dann in Ballen gepresst und entweder direkt zum Erstaufbereiter transportiert oder beim Landwirt eingelagert.

2.1.2.1 Hanf

Zur Ernte der bis zu 3,5 Meter hohen Hanfpflanze stehen erprobte Technologien zur Verfügung. Bei allen Verfahren werden bei der Mahd die Stängel auf 60 bis 80 cm eingekürzt und im Schwad abgelegt. Eine Darstellung der einzelnen Maßnahmen und der damit verbundenen Kosten enthält Tabelle 10. Dabei wurde von einer Ernte durch Lohnunternehmer ausgegangen.

Der Röststrohertrag kann über 11 t/ha erreichen, in Jahren mit ungünstigen Witterungsverhältnissen und an schlechten Standorten kann er jedoch unter 5 t/ha fallen. Vor dem Hintergrund der praktischen Erfahrungen aus zehn Jahren Hanfanbau in Deutschland erscheint ein mittlerer Ertrag von 6 bis 8 Tonnen Stroh pro Hektar realistisch *(vergl. Tabelle 11)*.[18]

Vor allem in südlichen Gebieten kann die aus der Samennutzung entstehende zusätzliche Wertschöpfung zur Steigerung der Lukrativität beitragen. Die damit verbundenen Mehrkosten liegen bei 100 bis 120 €/ha, diesen stehen Mehreinnahmen aus dem Samenverkauf in Höhe von 300 bis 350 €/ha gegenüber. Es muß jedoch berücksichtigt werden, dass prozessbedingt der Strohertrag um 0,8 bis 1,0 t/ha sinkt und sich das Witterungsrisiko erhöht, da die Ernte erst nach der Samenreife, d.h. erst 2 bis 3 Wochen später erfolgen kann.

---

17 *In Ausnahmefällen bis zu 8 Wochen, vgl. Fußnote 15.*

18 *Es sei hier aber darauf hingewiesen, dass die durchschnittlichen Erträge der Mitgliedsunternehmen der European Industrial Hemp Association (EIHA) (siehe Kapitel 1.3.1) über die letzten Jahre nur zwischen 5 und 6 t pro Hektar lagen. (EIHA 2006)*

Zur Verringerung des Witterungsrisikos wird in einigen Fällen auf die Röste verzichtet. Die Fasern aus dem so gewonnenen „Grünhanf" haben eine etwas höhere Festigkeit als die aus Rösthanf. Jedoch ist der Energieeinsatz beim Aufschluss geringfügig größer und der Ausreinigungsgrad der Schäben geringer[19]. Das Für und Wider einer Grünhanfproduktion sollte daher mit dem Erstaufbereiter abgestimmt werden.

2.1.2.2 Flachs

Flachs ist mit 1,0 bis 1,2 m deutlich kürzer, jedoch stehen die Pflanzen erheblich dichter als bei Hanf. Um Ertragsverluste durch Stoppel zu vermeiden, wird die Pflanze bei der Ernte mit der Wurzel aus dem Boden gezogen („gerauft") und im Schwad abgelegt. Je nach Weiterverarbeitung kann beim „Rösten" sowie „Bergen und Räumen" die Einhaltung der Parallellage erforderlich sein (Längsfaserlinie, *vgl. Kapitel 2.4*), woraus sich die Notwendigkeit des Einsatzes von Spezialmaschinen ergibt. Bei der Analyse der Kosten des Flachsanbaus wurde dies berücksichtigt[20]. Die Angaben in Tabelle 10 gehen von einer Ernte mit eigenen Spezialmaschinen aus.

Der Röststrohertrag reicht in Abhängigkeit von der Witterung und Standort von 4 bis 8 t/ha, im Durchschnitt gehen die Experten von 5 bis 6 t/ha aus *(vgl. Tabelle 11)*.

Die Nutzung der Samen erfolgt nur selten, da hierfür spezielle Ölleinsorten gezüchtet wurden, deren Samenertrag den von Faserlein deutlich überschreiten, umgekehrt haben Ölleinsorten einen geringeren Fasergehalt als Faserlein[21].

19 *Ein möglichst niedriger Schäbengehalt spielt z.B. bei der Verwendung in Verbundwerkstoffen eine wichtige Rolle.*

20 *Bei der Verarbeitung von „Wirrstroh" können die Arbeitsschritte „Wenden" und „Pressen" wie für den Hanfanbau beschrieben unter Berücksichtigung der Ertragsmenge übernommen werden.*

21 *In diesem Zusammenhang gilt der Hinweis auf Kombinations- oder auch Doppelnutzungslein. Diese u.a. am Institut für Pflanzenbau der Universität Bonn entwickelten Züchtungen konnten sich trotz interessanter Ergebnisse nicht durchsetzen. Gründe hierfür werden vor allem im deutlichen Rückgang des Flachsanbaus zwischen 2000 und 2006 gesehen, als auch durch das preisgünstige Angebot von kanadischen Leinsamen auf dem Weltmarkt.*

2.1.3 Wirtschaftlichkeit

Im Zuge der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) erhält der Landwirt unabhängig von der angebauten Kulturart Ausgleichszahlungen, die sich in ihrer Höhe in den einzelnen Bundesländern unterscheiden. Hinzu kommen Effekte, die sich aus der Betriebsstruktur (reiner Ackerbaubetrieb, Ackerbaubetrieb mit Veredelung) ergeben. Weiterhin werden sich die Zahlungsansprüche „Fläche" im Zuge der Entkopplung der Direktzahlung von der Produktion zukünftig weiter unterscheiden. Um auch unter diesen stark differenzierten Bedingungen eine Vergleichbarkeit der Kulturen miteinander zu ermöglichen, erfolgen die Wirtschaftlichkeitsberechnungen ohne Berücksichtigung der Flächenprämie; entsprechend niedriger wird der Deckungsbeitrag angesetzt.

Neben der Direktzahlung an den Landwirt erhalten die Erstaufbereiter von Faserhanf und -flachs eine sogenannte Verarbeitungsbeihilfe. Diese beläuft sich für kurze Flachs-/Hanffasern auf 90 Euro/t Faser bzw. 160 Euro/t für lange Flachsfasern, dem Ausgangsmaterial von Langfasergarnen für die Bekleidungsindustrie. Diese im Zuge der Einbeziehung von Flachs und Hanf in die Grande Culture Regelung gewährte Kompensation dient dem Ausgleich der damit verbundenen drastischen Kürzungen gegenüber der zwischen den Ernten 1971 und bis 2000 gültigen Gemeinsamen Marktordnung (GMO) „Flachs und Hanf" und soll an die Erzeuger weitergeleitet werden.

Diese Thematik wird in Kapitel 6.1 umfassend und detailliert behandelt.

2.1.3.1 Erzeugung von Hanf- und Flachsstroh

Aufgrund der oben erwähnten Änderungen im Zuge der Agrarreform ist es in der landwirtschaftlichen Praxis mittlerweile üblich, die Wirtschaftlichkeitsberechnungen ohne die Flächenprämie (die zudem in den nächsten Jahren in eine Betriebsprämie umgewandelt wird) vorzunehmen und die Abgabepreise entsprechend niedriger zu veranschlagen. Aus diesem Grund erfolgt die Betrachtung auch hier ohne Beihilfe. Unabhängig davon wird die für den Faserpflanzenanbau typische Verarbeitungsbeihilfe separat berücksichtigt.

Die Erzeugung von Hanfstroh ist mit Aufwendungen in Höhe von insgesamt 723,51 €/ha (Ertrag: 6 t/ha) bzw. 836,03 €/ha (Ertrag: 8 t/ha)

verknüpft, hinzuzurechnen ist der erforderliche Deckungsbeitrag von 250 €/ha *(vgl. Tabelle 10)*. Zum wirtschaftlichen Anbau müssen bei einem Ertrag von 8 t/ha Strohpreise von 135,75 €/t bzw. bei 6 t/ha 162,25 €/t erzielt werden (Tabelle 10)[22].

Aufgrund der Aufwendungen beim Pflanzenschutz und des Einsatzes von Spezialmaschinen zur Ernte liegen die Kosten bei Faserflachs zwischen 1.030,20 €/ha (5 t/ha) und 1.086,20 €/ha (6 t/ha), zuzüglich 250 €/ha Deckungsbeitrag. Aufgrund der weiterhin leicht geringeren Ertragserwartungen liegen die Mindeststrohpreise bei 222,70 €/t (6 t/ha) bis 256,04 €/t (5 t/ha)[23]. Bei Kurzfasern ist die Ernte in Wirrlage möglich, wobei zur Vermeidung von Stoppelverlusten auch hier zumeist „gerauft" wird. Die dabei erzielbaren Einsparungen[24] von Brutto 93,06 €/ha entlasten die zuvor genannten Strohpreise um durchschnittlich rund 17 €/t[25].

Für technische Hanf- und Flachsfasern (auch Kurz- oder Gesamtfaser genannt) mit einem für diesen Verwendungszweck typischen Reinheitsgrad von mindestens 92,5 % wird eine Verarbeitungsbeihilfe von 90 Euro/t Fasern gewährt (Verordnung (EG) 1673/2000). Ausgehend von einer 22 bis 27 %igen Gesamtausbeute ergeben sich daraus Zahlungen von etwa 22 bis 25 €/t Stroh. Der kurz zuvor genannte Einkaufspreis, den der Erstaufbereiter für das Hanfstroh zahlt, verringert sich dadurch theoretisch auf 112,25 bzw. 138,75 €/t[26]. Bei Flachskurzfasern beträgt der Bezugspreis unter Berücksichtigung der Verarbeitungsbeihilfe und der Kostenreduktion durch Wirrlage-Stroh *(siehe oben)* 182,20 €/t bis 215,54 €/t[27]. Die Preisdifferenz zu Hanfstroh erklärt, wieso sich die Erzeugung von technischen Flachsfasern in der Vergangenheit nicht durchsetzen konnte.

Für die Gewinnung von Flachs-Langfaserstroh gilt, dass, obwohl die Erzeugung langer Flachsfasern auf Grundlage der Verordnung (EG) 1673/2000 aktuell mit 160 €/t – umgerechnet 279,20 €/t Stroh[28] – be-

22 *Bei Berücksichtigung einer Vollkostenrechnung liegen die erforderlichen Strohpreise ertragsabhängig zwischen 220,53 bis 275,30 €/t (vgl. Tabelle 10).*

23 *Bei Vollkostenrechnung: 344,72 bis 409,79 €/t (vgl. Tabelle 10).*

24 *Raufen, anschließend Röste, Wenden und Pressen in Wirrlage.*

25 *Gerundeter Wert ohne Berücksichtigung ertragsabhängiger Kosten auf mittlerer Ertragsbasis von 5,5 t/ha.*

26 *135,75 €/t bzw. 162,25 €/t abzüglich 23,50 €/t (arithmetisches Mittel aus 22 bis 25 €/t).*

27 *Berechnung: Faserausbeute Ø 24,5 % = 23,50 €/t Stroh, Kostenreduktion Wirrlage 17,50 €/t. Summe 40,50 €/t. 222,70 €/t – 40,50 €/t = 182,20 €/t bzw. 256,04 €/t – 40,50 €/t = 215,54 €/t.*

28 *Langfaser ca. 17 % + 8 % Kurzfaser: 170 kg/t Stroh (272 €) + 80 kg/t Stroh (7,20 €). Daraus ergibt sich eine Gesamtbeihilfe von 279,20 €/t Stroh.*

zuschusst wird, ihr Anbau in Deutschland nicht nur wegen der hohen Erzeugungskosten und des Witterungsrisikos, sondern auch wegen des aufwändigen Längsfaseraufschlusses *(vgl. Kapitel 2.4)* zur Zeit nicht wirtschaftlich ist.

Die Zukunft der Verarbeitungsbeihilfe wird aktuell (August 2007) in Brüssel noch diskutiert. (*Eine ausführliche Darstellung hierzu findet man im Kapitel 6.1.)*

Fruchtfolgewerte

Ein immer wieder im Zusammenhang mit dem Faserpflanzenanbau genannter Aspekt ist der Fruchtfolgewert. Unter diesem versteht man die sich aus der Aufnahme einer Kulturart auf die folgenden Pflanzenarten ergebenden positiven Effekte. Dieses sind vor allem ein feinkrümeliger Boden, der dazu beiträgt, die Bodenbearbeitungsmaßnahmen zu reduzieren, und ein verringerter Unkrautdruck, in dessen Folge weniger Spritzmittel eingesetzt werden müssen. Auch eine Verbesserung der Nährstoffbilanz zählt hierzu. In der vorliegenden Betrachtung wurde dieser Effekt, dessen „Wert" von Fachleuten mit bis zu 150 €/ha beziffert wird, nicht eingerechnet. Grund dafür ist, dass auf der anderen Seite mit dem Faserpflanzenanbau wegen der Feldröste ein höheres Witterungsrisiko verbunden ist, als es bei Getreiden der Fall ist. Praktiker gehen insgesamt davon aus, dass sich die beiden Effekte in etwa die Waage halten.

Fazit

Insgesamt gilt, dass bei der aktuellen Flächenprämie (zukünftiger Betriebsprämie) und einer Verarbeitungsbeihilfe von 90 €/t zur Zeit Hanfstroh für die technische Nutzung zu Preisen erzeugt werden kann, die einerseits für die Erzeuger einen zumeist ausreichenden Deckungsbeitrag erzielen lassen und andererseits den Erstaufbereitern (Wirrfaserlinie) den Ankauf zu wirtschaftlichen Konditionen erlauben. Die ökonomische Analyse zeigt, dass die entsprechenden ökonomischen Daten für Flachs, sowohl in Wirrfaserlinie als auch in Längsfaserlinie *(vgl. Kapitel 2.4)*, unter den gegebenen Rahmenbedingungen am Standort Deutschland ungünstiger als für Hanf ausfallen.

Tabelle 10: Kostenstruktur des Faserhanf- und -flachsanbaus in der Bundesrepublik Deutschland

Bereitstellungskosten [Euro/t] bei angestrebtem Deckungsbeitrag (DB) Landwirt inkl. 9,0 % MwSt. (pro Tonne Hanf-/Flachsstroh bei 15 % Feuchte)						Hanf				FLACHS	
	Faktoreinsatz		Euro	Bruttopreis	Nettopreis	Ertrag	Ertrag	Bruttopreis	Nettopreis	Ertrag	Ertrag
	Hanf	Flachs	pro Einheit	pro Einheit	pro Einheit	6 t/ha[5]	8 t/ha[5]	pro Einheit	pro Einheit	5 t/ha[5]	6 t/ha[5]
Saatgut [kg/ha]	30	120	[Euro/ha * a]	3,42	3,20	102,72	102,72	1,95	1,82	234,00	234,00
Düngung Stickstoff[1] [kg/ha]	45	40	[Euro/ha * a]	0,75	0,65	33,39	33,39	0,75	0,65	30,00	30,00
Düngung Phosphor[1] [kg/ha]	0	40	[Euro/ha * a]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,59	27,20	27,20
Düngung Kali[1] [kg/ha]	0	40	[Euro/ha * a]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,43	20,00	20,00
Düngung Gülle/Mist[1,2]	45	45	[Euro/ha * a]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kalkanteil (pauschal)			[Euro/ha * a]	0,00	0,00	15,00	15,00	0,00	0,00	5,00	5,00
Pflanzenschutz			[Euro/ha * a]	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	25,86	30,00	30,00
Variable Maschinenkosten Grubbern			[Euro/ha * a]	9,57	8,25	9,57	9,57	0,00	0,00	0,00	0,00
Variable Maschinenkosten Pflügen			[Euro/ha * a]	29,00	25,00	29,00	29,00	50,00	43,10	50,00	50,00
Variable Maschinenkosten Säen			[Euro/ha * a]	17,40	15,00	17,40	17,40	45,00	38,00	45,00	45,00
Variable Maschinenkosten Düngen mineralisch			[Euro/ha * a]	2,55	2,20	2,55	2,55	8,00	6,90	8,00	8,00
Variable Maschinenkosten Düngen organisch			[Euro/ha * a]	33,64	29,00	33,64	33,64	0,00	0,00	0,00	0,00
Variable Maschinenkosten Spritzen (2 mal)			[Euro/ha * a]	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	43,10	50,00	50,00
Variable Maschinenkosten Walzen			[Euro/ha * a]	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	12,93	15,00	15,00
Lohnmaschinen Mähen/Raufen			[Euro/ha * a]	105,56	91,00	105,56	105,56	140,00	120,69	140,00	140,00
Lohnmaschinen Wenden (1 bis 2 mal)			[Euro/ha * a]	37,12	32,00	37,12	37,12	96,00	82,76	96,00	96,00
Lohnmaschinen Pressen			[Euro/t]	29,00	25,00	174,00	232,00	38,00	32,76	190,00	228,00
Lagerungskosten ca. 5 Monate			[Euro/t]	20,30	17,50	121,80	162,40	10,00	8,62	50,00	60,00
Transport zur Fabrik/Lager			[Euro/t]	6,96	6,00	41,76	55,68	8,00	6,90	40,00	48,00
Summe Bereitstellungskosten			**[Euro/ha * a]**			**723,51**	**836,03**			**1.030,20**	**1.086,20**
Angestrebter Deckungsbeitrag ohne Beihilfen[3]			[Euro/ha * a]			250,00	250,00			250,00	250,00
Erforderlicher Erlös inklusive 9 % MwSt.			[Euro/ha * a]			973,51	1.086,03			1.280,20	1.336,20
Ernteertrag			[t/ha * a]			6,00	8,00			5,00	6,00
Preise für Hanf-/Flachsstroh inklusive 9 % MwSt.			**[Euro/t]**			**162,25**	**135,75**			**256,04**	**222,70**
Pachtansatz (anteilig po Tonne)[4]	400	400	[Euro/ha * a]			66,67	50,00			80,00	66,67
Zinsansatz (anteilig pro Tonne)[4]	20	20	[Euro/ha * a]			3,33	2,50			5,00	3,64
Festkostenanteil eigene Maschinen (anteilig pro t)[4]	150	150	[Euro/ha * a]			25,00	18,75			37,50	27,27
Festkostenanteil eigene Gebäude (anteilig pro t)[4]	40	40	[Euro/ha * a]			6,67	5,00			10,00	7,27
Lohnkosten eigen (anteilig pro t)[4]	4,5	8,5	[Std./ha]	12,50	56,25	9,38	7,03	12,50	106,25	21,25	17,17
Lohnkosten fremd (anteilig pro t)[4]	1,5	0	[Std./ha]	8,00	12,00	2,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Fixe Kosten für Vollkostenrechnung[6]			**[Euro/t]**			**275,30**	**220,53**			**409,79**	**344,72**

Kleine und Mittelständische Landwirtschaftsbetriebe unterliegen nicht der Regelbesteuerung nach dem Umsatzsteuergesetz. Statt dessen werden sie auf Grundlage einer Vereinfachungsregelung mit zur Zeit 9 % besteuert.
1) Aufgrund der im Wirtschaftsdünger enthaltenen Nährstoffe sind die zusätzlichen Gaben geringer als die bei abgestimmten Düngung von Flachs zugeführten Stoffe (vergl. Kap. 4.1.1/2). 2) Gülle = 20 m³/ha. 3) Angestrebter Deckungsbeitrag ohne Flächenprämien und ohne Verarbeitungshilfe. 4) Angaben gelten nur für Vollkostenrechnung. 5) Ertragsabhängige Kosten: Pressen, Transport und Lagerung. 6) Die unteren Reihen enthalten die für eine Vollkostenrechnung notwendigen Daten.

2.1.3.2 Vergleich der Wirtschaftlichkeit zu anderen Kulturarten

Wie Eingangs von Kapitel 2.1 erläutert, stehen Produkte des landwirtschaftlichen Anbaus untereinander im Wettbewerb. In diesem Zusammenhang sollen die Aufwendungen und die Erlöse des Faserhanf- und -flachsanbaus mit denen anderer Kulturarten verglichen werden. Dazu wurden in der Tabelle 11 deren Maßnahmen, Kosten und Erlöse denen von Winterroggen, Körnermais, Sommergerste sowie Energiemais gegenübergestellt.

Tabelle 11: Deckungsbeitrag verschiedener Kulturen[29]

	Größe	Hanf	Flachs	Winter-roggen	Körner-mais	Sommer-gerste	Energie-mais
Durch-schnittser-trag	Tonnen/ ha	6,5	5,5	6,5	7,5	5,5	46
Preis pro Tonne (ca.)	Euro	130	200	105	136	106	23,5
Gesamt-Erlös	**Euro**	**845**	**1100**	**683**	**1020**	**583**	**1081**
Saatgut	Euro	120	230	100	130	55	135
Düngung	Euro	40	80	80	100	80	95
Pflanzen-schutz	Euro	0	30	100	75	80	80
Maschinen-kosten	Euro	530	620	210	250	170	445
Trocknung	Euro	0	0	25	230	25	0
Gesamt-kosten	**Euro**	**690**	**960**	**515**	**785**	**410**	**755**
Gesamt-deckungs-beitrag	**Euro**	**155**	**140**	**168**	**235**	**173**	**326**

29 *Die Daten beziehen sich auf das Jahr 2006. Für 2007 sind aber für die Konkurrenzkulturen Weizen, Roggen und Energiemais bereits Preissteigerungen von 15 – 20 % absehbar. Damit Hanf einen vergleichbaren Deckungsbeitrag liefern kann, muss der Landwirt auch mit Hanfstroh einen entsprechend höheren Preis erzielen. Dies führt dazu, dass der Preisdruck für die Hanfverarbeiter – die ja aufgrund der Naturfaser-Weltmarktpreise ihre Faserpreise nur sehr moderat erhöhen können – in 2007 weiter zunehmen wird, noch stärker als im Text beschrieben. Der Fortbestand der Verarbeitungshilfe wäre unter diesen Konkurrenzbedingungen noch wichtiger als im Text diskutiert.*

In Tabelle 10 wurden zur Erreichung eines Deckungsbeitrags von 250 Euro/ha ertragsabhängige Strohpreise von 135,75 €/t bis 162,25 €/t ermittelt. In der Praxis liegen die Strohpreise etwas unter diesen Summen, durchschnittlich werden 130 €/t gezahlt. Bei einem durchschnittlichen Ertragsniveau in Deutschland von 6,5 t/ha kann ein Deckungsbeitrag von ca. 155 €/ha erreicht werden. Dieser liegt geringfügig unter dem von Winterroggen und Sommergerste (Tab. 11) – beide Getreidearten sind in der Regel die schwächsten Glieder einer Fruchtfolge. Die langjährige Praxis in Niedersachsen zeigt, dass je nach den Bedingungen in den verschiedenen Jahren mal Hanf, mal Roggen und mal Gerste zu einem höheren Deckungsbeitrag führt. Im Vergleich zu deutlich wettbewerbskräftigeren Kulturen, im Beispiel Körner- und Energiemais, ist die Konkurrenzstärke alle drei Kulturen gering.

Da in den vergangenen Jahren kaum noch Flachs in Deutschland angebaut wurde, ist es schwer, durchschnittliche Angaben zu Flachsstrohpreisen zu ermitteln. Veranschlagt wurden 200 €/t, ein Wert der, wie beim Hanf, ebenfalls etwas unter den in Tabelle 10 ermittelten 222,70 €/t bis 256,04 €/t (bzw. 205,70 €/t bis 239,04 €/t für Wirrstroh, *vgl. Kap. 2.1.3.1*) liegt. Trotz der höheren Preise für Flachsstroh, die die höheren Kosten bei Anbau und Ernte berücksichtigen, kann bei einem Durchschnittsertrag von 5,5 t/ha nur ein Deckungsbeitrag von 140 €/ha erzielt werden. Dieser liegt unter allen anderen der im Vergleich betrachteten Kulturarten. Daher verwundert nicht, dass der Flachsanbau in Deutschland so stark zurückgegangen ist.

Neben der direkten Wirtschaftlichkeit sind die Einflüsse, die vom Standort und der Bewirtschaftung auf den Biomasseertrag ausgehen, bedeutend. Dazu wurde in Tabelle 12 die Bedeutung, die die Faktoren Temperatur, Boden, Wasser, Sorte[30], [31] sowie Pflege/ Düngung auf Faserhanf- und -flachs und eine Reihe typischer Ackerkulturen haben, dargestellt. Die Ansprüche beider Bastfaserpflanzen an Temperatur und Boden sowie Sorteneffekte

30 *Obwohl Hanf Temperatursummen benötigt, die denen von Mais entsprechen, kann er auch in Nord-/ Nordostdeutschland erfolgreich angebaut werden, jedoch wird die Samenreife nicht durchgängig erzielt.*

31 *Aufgrund der im Vergleich zu Getreiden sowie anderen Hauptkulturen geringen Anbauflächen erfolgt keine züchterische Bearbeitung der Sorten im Hinblick auf den Standort Deutschland. Die zurzeit verwendeten Hanfsorten sind entweder auf die naturräumliche Ausstattung in Frankreich oder Osteuropa hin optimiert. Bei Flachs sind es vor allem französische und belgische Züchtungen. Daraus resultieren geringere Erträge und/oder Qualitäten.*

entsprechen im großen und ganzen denen der Vergleichskulturen. Bei „Pflege/Düngung“ schneidet vor allem der Hanf gut ab *(vgl. Kap. 2.1.1.1)*. Flachs dagegen entspricht wegen der erforderlichen Pflegemaßnahmen, die nach dem Auflaufen notwendig sind, denen von Sommergerste und Mais.

Tabelle 12: Einflüsse von Standort und Bewirtschaftung auf die Höhe des Biomasseertrags verschiedener Ackerkulturen. Bei den Angaben handelt es sich um durchschnittliche Erfahrungswerte, die den typischen regionalen Unterschieden unterliegen.

Pflanzenart	Temperatur	Ansprüche an die Bodenqualität	Wasser	Aufwand für Pflege und Düngung
Getreide	+	+	+ +	+ + +
Mais	+ +	+ +	+ +	+ +
Winterroggen	+	+	+	+ + +
Sommergerste	+	+ +	+ +	+ +
Hanf	+	+ +	+ +	+
Flachs	+	+ +	+ +	+ + +

+: geringe, ++: mittlere, +++: hohe Ansprüche bzw. Aufwand

Höher ist indes die Bedeutung des Faktors Wasser für Hanf und Flachs – ist die Versorgung nicht ausreichend, muss mit deutlichen Ertragseinbußen gerechnet werden.

Neben der rein wirtschaftlichen Betrachtung gibt es weitere Aspekte, die bei der Frage, ob Faserpflanzen in die Fruchtfolge aufgenommen werden, eine Rolle spielen. *Einen Überblick gibt Tabelle 13.*

Tabelle 13: Betrachtung ausgewählter Aspekte zur Frage der Aufnahme von Faserhanf und Flachs in die Betriebsplanung

	Faserhanf	Faserflachs
Auflockerung der Fruchtfolge	+ + +	+ + +
Guter Vorfruchtwert	+ + +	+
Geringer Arbeitsumfang	+ +	0
Geringer Pflanzenschutzmitteleinsatz	+ + +	0
Geringer Stickstoffbedarf	0	+ + +

Zeichen: Keine Potenziale = 0, Geringe Potenziale = + , Mittleres Potenzial = + +, Hohes Potenzial = + + +. Weitere Erläuterungen siehe Text.

In getreidereichen Fruchtfolgen ergeben sich aus der Integration von Faserpflanzen positive Effekte durch deren Auflockerung, weil sie nicht zu den Getreiden zählen und damit geeignet sind, die Infektionskette für bestimmte Fruchtfolgekrankheiten zu unterbrechen. Besonders Hanf hat einen hohen Vorfruchtwert, da er einen gut durchwurzelten Boden mit optimaler Struktur hinterlässt. Hinzu kommen eine geringe Arbeitsbelastung und der Verzicht auf Pflanzenschutzmittel. In einigen Gebieten ist indes der Anbau von Flachs wegen seines geringen Stickstoffbedarfs interessant.

2.1.4 Zusammenfassung

In den vorangehenden Kapiteln wurde die Wirtschaftlichkeit des Faserhanf- und Flachsanbaus in Deutschland betrachtet. Aufgrund des Umfangs der Bearbeitungsmaßnahmen, den Kosten für Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmittel sowie des Deckungsbeitrags ergeben sich danach Strohpreise von

- 135,75 €/t bis 162,25 €/t für Hanf
- 222,70 €/t bis 256,04 €/t für Längsfaser-/Langfaserflachs
- 205,70 €/t bis 239,04 €/t für Wirrfaser-/Kurzfaserflachs.

Die in der Praxis gezahlten liegen darunter. In der vorliegenden Arbeit wurden bei Hanf 130 €/t und bei Flachs 200 €/t veranschlagt. Ursache ist, dass das Produkt der Aufbereitung, die Bastfaser, im internationalen Wettbewerb steht und deshalb vom Erstaufbereiter marktgerechte Preise angeboten werden müssen. Trotz der Kompensation durch die Verarbeitungsbeihilfe, die sich auf umgerechnet 22 bis 24 €/t beläuft, können nicht die eingangs genannten Strohpreise gezahlt werden. Dies führte vor allem beim Flachsanbau dazu, dass dieser heute nur noch im sehr geringen Umfang stattfindet *(siehe Kapitel 1.2.3)*. Beim Hanfanbau wurde versucht, durch eine Reihe von Optimierungen, z.B. bei der Ernte, die Kosten zu reduzieren und die Wirtschaftlichkeit zu verbessern. Hinzu kommt die Koppelnutzung von Stroh (Faser und Schäben) und Samen. Ferner werden bei der Flächenakquise Standorte genutzt, auf die der Hanf passt.

Trotz interessanter Perspektiven gestaltet sich daher der Bastfaserpflanzenanbau in Deutschland unter den augenblicklichen Rahmenbedingun-

gen schwierig. Zurzeit ist er nur im Vergleich zu den relativ schwachen Kulturen wie Winterroggen und Sommergerste wettbewerbsfähig.

Aufgrund der aktuellen Entwicklung ist jedoch davon auszugehen, dass effizienzsteigernde Technologien und höhere Rohöl- und Transportpreise die Wettbewerbsfähigkeit regional erzeugter Fasern erheblich verbessern und deren Anbau an Lukrativität gewinnen wird. In den letzten Jahren haben sich die Weltmarktpreise für Naturfasern aufgrund steigender Nachfrage bereits erheblich erhöht, während die Preise europäischer Naturfasern konstant geblieben sind *(siehe Kapitel 3)*.

In Zukunft werden aber steigende Energie- und Rohstoffpreise die Nutzung von Hanf und Flachs voraussichtlich lukrativer machen. Aufgrund des deutlichen Unterschieds im Deckungsbeitrag wird der Faserpflanzenanbau jedoch in Gebieten, in denen Energiemais bevorzugt angebaut wird, auch zukünftig kaum eine Rolle spielen können.

2.2 Ökonomische Analyse des Faseraufschlusses von Flachs und Hanf

2.2.1 Einleitung

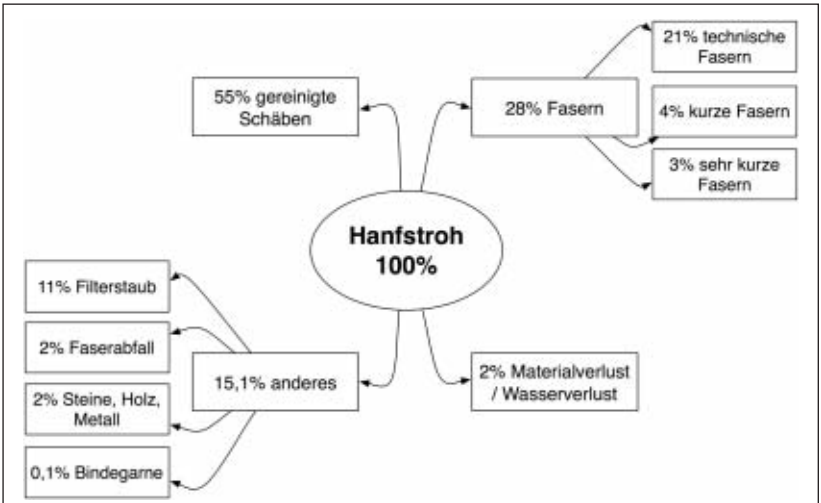
Zur Gewinnung der Flachs- und Hanffasern wird das geröstete und getrocknete Stroh in einer sog. Faseraufschlussanlage in Fasern und Schäben getrennt. Der Aufschluss erfolgt in der Regel rein mechanisch, der verholzte Innenteil des Strohs wird gebrochen – es entstehen die sog. Schäben, die dann in mehreren Prozess-Schritten von den Fasern getrennt werden. Die Fasern wiederum liegen in Faserbündeln vor, die beim Faseraufschluss mehr oder weniger aufgeschlossen werden.

In Abhängigkeit von den jeweiligen Zielmärkten für die Fasern werden unterschiedliche Anlagenkonzepte eingesetzt, die jeweils verschiedene Faserqualitäten erzeugen. In den folgenden Kapiteln 2.3 und 2.4 werden die Themen Faserqualitäten und Aufschlussverfahren ausführlich diskutiert.

Die im Folgenden bei den Wirtschaftlichkeitsanalysen betrachtete Faseraufschlussanlage ist eine sog. Wirrfaser- bzw. Gesamtfaserlinie für Hanf, wie sie heute in neuen Anlagen in Deutschland, Großbritannien, den

Niederlanden, aber auch in Österreich und der Tschechischen Republik zum Einsatz kommen. Die in einer solchen modernen Hanf-Wirrfaserlinie in der Praxis anfallenden Fraktionen zeigt die folgende Abbildung 17.

Abbildung 17: Typische Produktfraktionen einer modernen Hanf-Wirrfaser bzw. Gesamtfaserlinie



Grafik: nova-Institut 2007

2.2.2 Analyse der Wirtschaftlichkeit einer Hanf-Wirrfaser bzw. Gesamtfaserlinie

Moderne Wirrfaserlinien konnten sich in Deutschland bislang nur für Hanf etablieren. Aus diesem Grund liegen auch nur für Hanf belastbare ökonomische Daten vor, weshalb sich die Analyse auf Hanf beschränken muss. Auf Basis der Daten aus Kapitel 2.1 und der Kenntnis einiger Unterschiede zwischen Flachs und Hanf (z.B. höherer Fasergehalt beim Flachs), lassen sie die Ergebnisse aber weitgehend auf Flachs übertragen.

Die Wirtschaftlichkeit der Wirr- bzw. Gesamtfaserlinie hängt bei gegebenen Investitionskosten wesentlich von ihrem realisierten Jahresdurchsatz ab. Betriebe mit einer Kapazität von mindestens 1.500 kg Hanfstroh pro

Stunde, einer guten Zuverlässigkeit und einem guten Marketing können wirtschaftlich erfolgreich operieren, wesentlich kleinere Anlagen scheitern an den relativ zum Durchsatz höheren Investitions- und Personalkosten. Ein wesentliches Kriterium für den Erfolg von Aufschlussunternehmen in den letzten zehn Jahren war, ob sie in eine technisch geeignete Verarbeitungsanlage investiert haben bzw. diese durch Änderungen geeignet machen konnten. So manches Anlagenkonzept erreichte in der Praxis nicht die erwartete Durchsatzleistung und Zuverlässigkeit.

Für die Zukunft wird erhofft, dass es zu einer Standardisierung der Faseraufschlussanlagen kommt, wobei bislang nur sehr wenige Maschinenbauer nach Rückkopplung mit Anwendern weiterentwickelte und erfolgreiche Anlage im Angebot haben. Je mehr Anlagen eines funktionierenden Typs verkauft werden können, desto günstiger wird der Preis und desto geringer die Kapitalkostenbelastung der Faseraufschlussunternehmen bei gleichzeitig geringerem technischem Risiko.

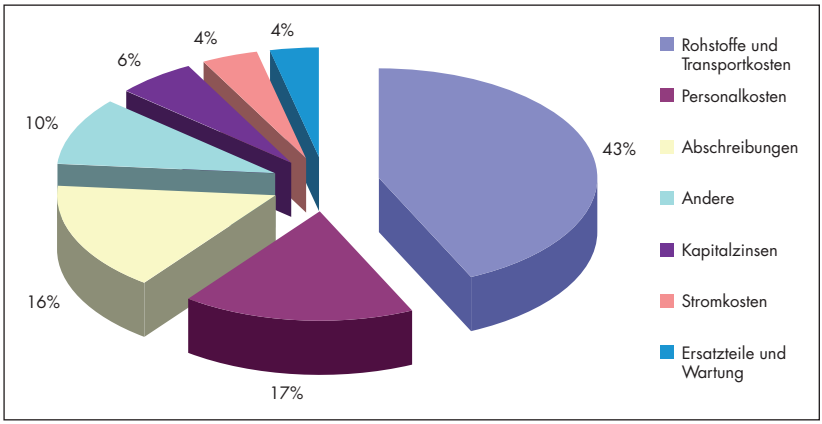
Im Folgenden zeigen Tabelle und Diagramm, wie die Kostenstruktur bei einem Betrieb mit einer modernen Hanf-Kurzfaserlinie aussehen kann. Die Daten beruhen auf den Erfahrungen mit existierenden Anlagen.

Tabelle 14: Haupteigenschaften einer modernen Hanf-Wirrfaserlinie

Investitionen	Maschinen & Fahrzeuge	3.500	Tsd. €	
	Gebäude & Gelände	900	Tsd. €	(standort-abhängig)
Betrieb	Strohpreis (Einkauf)	100 – 130	€/t	
	Verarbeitungs-kapazität	1.800	kg/Std.	
	Schichten	2 x 8	Stunden	
	Arbeitstage/Jahr	230		
	Personalkosten	25.000	€/Monat	
	Stromverbrauch	250	kW	
	Strompreis	0,10	€/kWh	(standort-abhängig)

Quelle: nova-Institut auf Basis von Daten verschiedener Hanf-Faseraufschlussbetriebe 2006

Abbildung 18: Kostenanteile einer modernen Hanf-Kurzfaserlinie



Quelle und Grafik: nova-Institut auf Basis von Daten verschiedener Hanf-Faseraufschlussbetriebe 2006

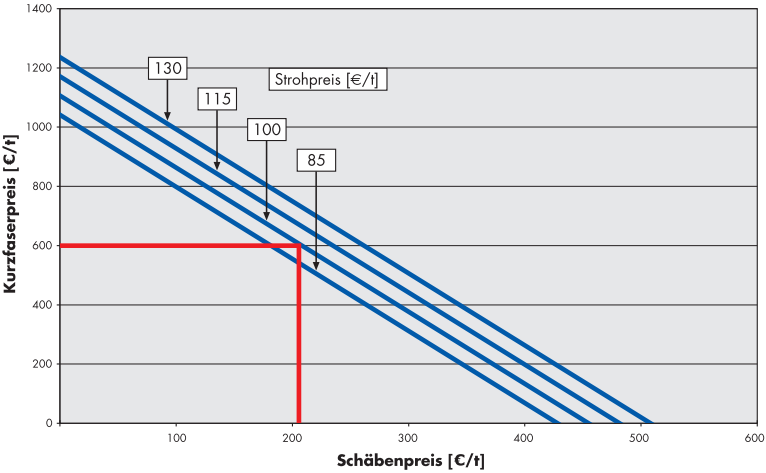
Anmerkung: Die hier gezeigten Daten wurden mit Hilfe der nova-Software „FibreCalc" berechnet. Diese Software wurde bereits mehrfach für Wirtschaftlichkeitsanalysen bei Naturfaser-Investitionsprojekten in Deutschland und anderen Ländern genutzt.

Die Daten in Tabelle 14 und Abbildung 18 sind realistisch für eine neue Hanf-Wirrfaserlinie bei vorhandener Erfahrung im Anlagenbau und Betrieb. 90 % Verfügbarkeit lassen sich nur mit kompetenten Technikern nach einigen Erfahrungen mit der Anlage erreichen. Der für die Kostenstruktur sehr wichtige Strohpreis schwankt je nach Qualität des Strohs und hängt ferner davon ab, ob Landwirt oder Faseraufschlussbetrieb für die Transportkosten aufkommen, und wie lange der Landwirt das Stroh selbst gelagert und dem Faseraufschlussbetrieb so Lagerkosten erspart hat. Die hohen Fixkosten (hierunter werden Kapitalzinsen, Abschreibungen und Personalkosten verstanden, die zusammen fast 40 % ausmachen) betonen, wie sehr Skaleneffekte („Economies of Scale") in dieser Branche greifen. Eine große Menge Stroh im Jahr zu verarbeiten sowie Fasern und Schäben zu marktüblichen Preisen zu verkaufen ist zwingend erforderlich, um nicht in der Verlustzone zu operieren. Ein Einschichtbetrieb würde wohl bei keiner europäischen Faseraufschlussanlage – ganz gleich, welche Technik zugrunde liegt – für einen kostendeckenden Betrieb genügen. Ein

wirtschaftlicher Betrieb ist in Abhängigkeit vom Anlagentyp etwa ab einer Verarbeitung von 5.000 t Stroh pro Jahr zur Produktion technischer Kurzfaser zu erwarten. Im Einzelfall kann dies mit einer Wirtschaftlichkeitsstudie durch erfahrene Berater bereits recht zuverlässig im Voraus ermittelt werden.

Das folgende Diagramm zeigt mit vier Linien von oben nach unten für die denkbaren Strohpreise von 130, 115, 100 und 85 €/t die zur Kostendekkung hinreichenden Kombinationen von Schäben- und Kurzfaserpreis. Bei einem realistischen durchschnittlichen Strohpreis von 100 €/t müsste man mit der Kurzfaser allein fast 1.100 €/t erlösen, um die Kosten zu decken. Bei einem gängigen Kurzfaserpreis von z.B. 600 €/t sind Schäbenerlöse über 200 €/t notwendig, um Produktionskosten und Marktpreise für die Fasern in Einklang zu bringen. Die Berechnungen erfolgten auf Basis des o.g. Annahmen mit Hilfe der nova-Software FibreCalc.

Abbildung 19: Kopplung von Kurzfaser- und Schäbenpreis in Abhängigkeit vom Strohpreis (4 Szenarien) bezogen auf Wirtschaftlichkeitsgrenze*



Grafik: nova-Institut 2007

* Bei einem Strohpreis von 100 €/t und einem Faserpreis von 600 €/t wird ein Schäbenpreis von über 200 €/t benötigt, um an die Wirtschaftlichkeitsgrenze zu kommen.

2.2.3 Kumulierter Energieaufwand der Herstellung von Hanffasern

Bei steigenden Energiepreisen ist es wichtig zu wissen, wie hoch der Energieaufwand von Materialien wie z.B. Hanffasern ist. Daraus leitet sich in der Wirtschaftlichkeitsanalyse ab, wie sich bei steigenden Energiepreisen die Wettbewerbssituation zu anderen Materialien entwickelt.

Im Folgenden soll der kumulierte Energieaufwand der Herstellung (KEA_h) von Hanffasern im Vergleich zu anderen Materialien gezeigt werden. Gemäß der Norm VDI 4600 ist der hier behandelte kumulierte Energieaufwand für die Herstellung (KEA_h) die Summe der primärenergetisch bewerteten Energieaufwendungen, die sich bei der Herstellung sowie bei der Gewinnung der Fertigungs-, Hilfs- und Betriebstoffe und Betriebsmittel einschließlich der Transportaufwendungen ergeben.

Für die KEA_h von Hanffasern ist eine umfassende Studie als Quelle verfügbar (Pless 2001), mit deren Hilfe sich ein KEA_h-Wert für Hanffasern aus einer Hanf-Gesamtfaserlinie (Faseroutput in Non-Woven-Qualität) ermitteln lässt.

Beim Energieinput für die Produktion von Hanffasern sind drei Haupteinflüsse zu erkennen: Düngemittel, Kraftstoff und Verarbeitung. Für den Transport vom Feld zum Faseraufschlussbetrieb stehen keine Daten zur Verfügung, ebenso fehlen diese für das Saatgut. Im Folgenden werden die Primärenergie-Inputs für die drei Haupteinflüsse dargestellt unter der Annahme eines reinen Faserhanfanbaus und eines Faseraufschlusses mit den ökonomisch gleichwertigen Koppelprodukten Hanffasern und Schäben (Schäben fallen zwar in doppelter Menge an, haben dafür aber den etwa halben Wert).

Nach Pless 2001 kann man für einen Hektar Nutzhanf mit dem in Tabelle 15 angegebenen Düngemitteleinsatz rechnen (in Abweichung von Kapitel 2.1.3, da Kunstdünger statt Gülle verwendet wird).

Bei einem realistischerweise angenommenen Ertrag von 6 t Stroh/ha ergibt sich ein Primärenergie-Aufwand für Düngemittel von 975 MJ/t bzw. 0,975 MJ/kg Hanfstroh.

Bei einer Faserausbeute von etwa 25 % ergibt sich ein Primärenergie-Input von 3,9 MJ/kg Hanffasern durch Düngemittel. Nun verhält es sich jedoch so, dass Fasern und Schäben gleichwertige Produkte des Hanfanbaus sind – ihre Wertschöpfung je t Hanfstroh und somit je ha ist bei der Wirrfaserlinie auf etwa gleicher Höhe. Angesichts dessen ist es vertretbar, den Hanffasern nur den halben Primärenergieaufwand zuzuweisen.

Tabelle 15: Primärenergieinput in die KEA_h Faserhanf durch Düngung

Düngemittel	Ausbringung	Primärenergie-Input	Primärenergie-Input für die weitere Berechnung	Primärenergie-Input je Hektar
Ammoniak (N)	100 kg N/ha	27 – 81 MJ/kg	50 MJ/kg	5.000 MJ/ha
Phosphorpentoxid (P_2O_5)	75 kg P_2O_5/ha	3,2 – 20,6 MJ/kg	6 MJ/kg	450 MJ/ha
Pottasche (K_2O)	80 kg K_2O /ha	2 – 13,7 MJ/kg	5 MJ/kg	400 MJ/ha
Summe				5.850 MJ/ha

Quelle: Pless 2001

Bei einer 50:50 Zurechnung (entsprechend dem ökonomischen Wert) des Primärenergie-Inputs zu Fasern und Schäben ergibt sich für die Hanffaser noch ein Wert von 1,96 MJ/kg Fasern durch Düngung.

Der Primärenergie-Input durch den Betrieb der landwirtschaftlichen Maschinen für den Anbau setzt sich laut Pless aus dem realen Maschineneinsatz und dem Aufwand für Herstellung und Wartung der Maschinen zusammen. Sie setzt im Falle des Faserhanfs je Hektar 72,4 l Diesel/ha und 36,2 l Diesel-Äquivalente/ha an (Pless 2001). Dies entspricht einer Summe von 108,6 l Diesel/ha für die Produktion von 6 t Hanfstroh für ca. 1.380 kg Hanffasern und eine wertmäßig gleiche Menge Schäben. Der Ansatz von 72,4 l Diesel für den Maschinenbetrieb liegt nahe an dem Wert von 68,5 l/ha, den Karus (Karus et al. 1996) angibt.

108,6 l Diesel und Dieseläquivalent pro ha entsprechen bei 1 l Diesel ~ 35,3 MJ einem Primärenergieinput von 3.834 MJ/ha für den Maschineneinsatz, 639 MJ/t bzw. 0,639 MJ/kg Hanfstroh (6 t Stroh/ha) und 2,56 MJ/kg Hanffasern (Ausbeute 25 %). Nach einer 50:50 Zurechnung zu Fasern und Schäben sind die Hanffasern noch mit 1,28 MJ/kg Fasern belastet. Dies ist jedoch schon eine grobe Schätzung infolge der Unsicherheiten bei der Datenerhebung.

Als dritter Haupteinfluss fließt der Faseraufschluss in einer Wirrfaserlinie ein. Ein Erfahrungswert ist dabei ein Stromverbrauch von 130 kWh je 1 t bzw. 0,13 kWh je 1 kg verarbeiteten Strohs (Bafa 2006), also je 250 kg Hanffasern und einer wertmäßig entsprechenden Menge Schäben. Somit fließen 0,52 kWh Strom je kg gewonnener Fasern, bei 50:50 Zurechnung (entsprechend dem ökonomischen Wert) zu Fasern und Schäben also 0,26 kWh/kg Fasern, was nach der Umrechnung ca. 0,94 MJ/kg Hanffasern entspricht.

Somit sind als Primärenergieinput der Herstellung von Hanffasern folgende Werte begründet:

Tabelle 16: Primärenergieinput zur Hanffaserproduktion (Wirrfaserlinie)

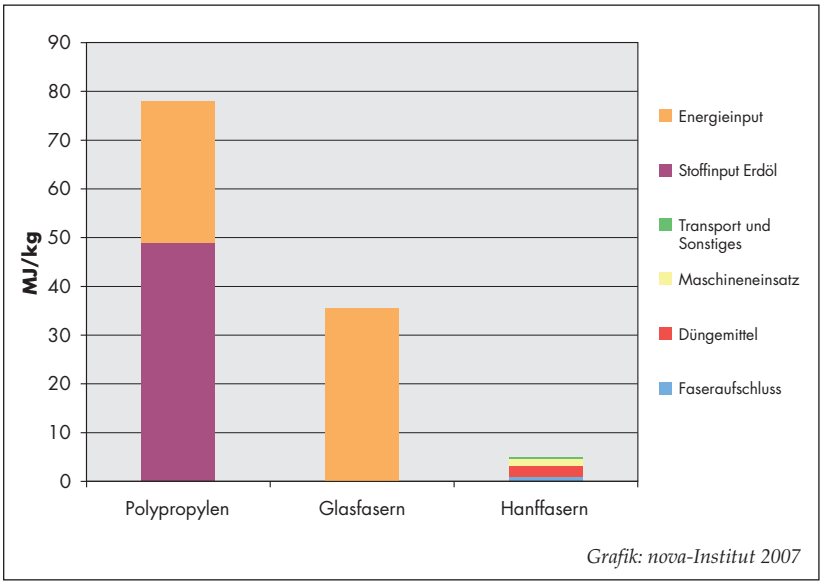
Düngemittel	1,95 MJ/kg Hanffasern
Maschineneinsatz auf dem Feld	1,28 MJ/kg Hanffasern
Faseraufschluss	0,94 MJ/kg Hanffasern
Transport & sonstiger Input	max. 0,8 MJ/kg Hanffasern
Summe	**ca. 5 MJ/kg Hanffasern**

Quellen: Pless 2001, Bafa 2006

Von Vorteil für Hanf ist, dass normalerweise keine Pflanzenschutzmittel zum Einsatz kommen, ansonsten müssten auch diese noch berücksichtigt werden. Bei der Analyse fehlt eine exakte Dokumentation des Primärenergie-Inputs durch das ausgebrachte Saatgut und den Transport des Strohs vom Feld zur Faseraufschlussanlage. Der entsprechende Wert wurde vom nova-Institut mit maximal 0,8 MJ/kg Hanffasern geschätzt.

Insgesamt stellt sich der Vergleich mit Glasfasern und dem verbreiteten Massenkunststoff Polypropylen sehr günstig dar *(weitere Vergleiche siehe Kapitel 6.2 und 7.2).* Dieser günstige kumulierte Energieaufwand für Hanffasern kann sich zukünftig infolge des hohen Energiekostenanteils bei Kunststoffen und Glasfasern positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit und damit Nachfrage nach Hanffasern als Wärmedämmstoff und v.a. als Verstärkungsmaterial in Verbundwerkstoffen auswirken. Derselbe Vorteil gilt im Prinzip allerdings auch für Konkurrenzprodukte wie z.B. importierte Naturfasern.

Abbildung 20: Kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_h) verschiedener Materialien

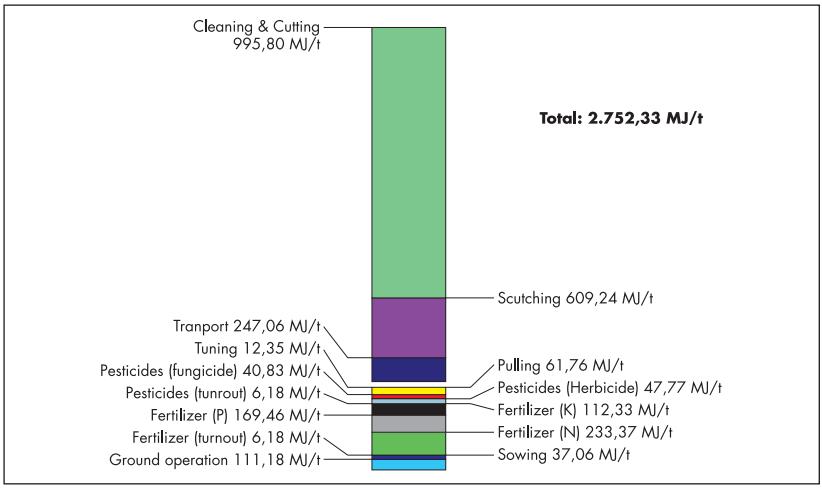


Quellen: Eyerer & Reinhardt 2000, Pless 2001, BaFa 2006, Ifeu 2005

Die Firma SachsenLeinen GmbH hat für Flachs-Kurzfasern eine eigene Berechnung des Kumulierten Energieaufwands durchgeführt, siehe Abbildung 21. Das Ergebnis stimmt mit unseren Kalkulationen gut überein – zumindest auf den zweiten Blick. Während in unserer Rechnung die Zuordnung des Energieaufwands auf Fasern und Schäben nach einer Wert-Allokation erfolgte (1:1), verwendete SachsenLeinen GmbH eine Gewichts-Allokation (2:1). Die von uns berechneten 5 MJ für 1 kg Hanffaser bei Wert-Allokation werden zu ca. 3,3 MJ – was sehr nahe an dem Wert von 2,7 MJ für 1 kg Flachs-Kurzfasern liegt.

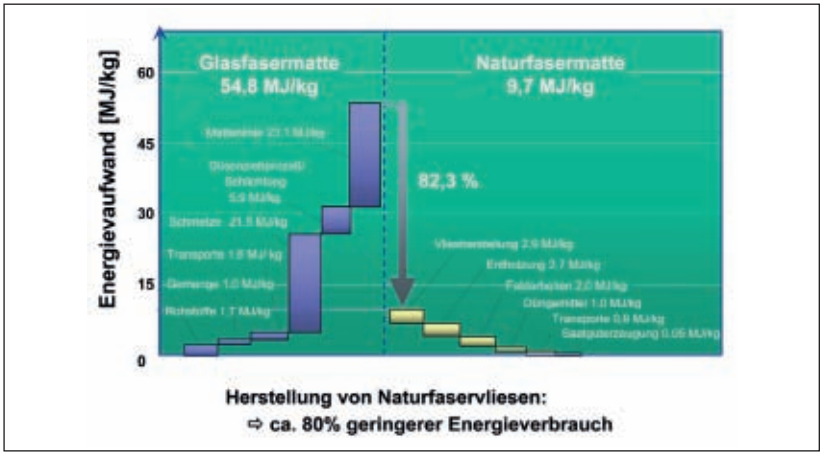
Im Rahmen der Methoden- und Daten-Ungenauigkeiten ergibt sich demnach für Flachs- und Hanf-Kurzfasern ein etwa gleicher Kumulierter Energieaufwand.

Abbildung 21: Kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_h) von Flachskurzfasern



Quelle: SachsenLeinen 2006b

Abbildung 21b: Vergleich des Energieaufwands zu Herstellung einer Glasfaser- und Naturfasermatte



Quelle und Grafik: DaimlerChrysler 1997

Abbildung 21b zeigt schließlich den unterschiedlichen Energieaufwand für die nächste Verarbeitungsstufe, die Herstellung einer „Matte“ (Vlies bzw. Filz) aus Glas- bzw. Naturfasern. Auch wenn die zugrunde liegende Öko-Bilanz bereits etwa zehn Jahre alt ist und die Entsorgungsphase (CO_2-Gutschrift bei thermischer Verwertung im Falle der Naturfasern) nicht berücksichtigt wurde, zeigt sich, im Einklang mit den Ergebnissen für die Fasern selber, ein klarer Vorteil für die Naturfasermatten. Für die Naturfasern selber ergibt sich ein Energieaufwand von 6,7 MJ/kg, der etwas höher liegt als die oben dargestellten Werte. Da keine weiteren Hintergrundinformationen, z.B. zur Allokationsmethode, bekannt sind, muss auf eine weitere Analyse verzichtet werden.

Letztlich liegen die Angaben für den Energieaufwand zur Herstellung von Naturfasern in verschiedenen Studien immer in derselben Größenordnung und stets deutlich unter den Werten für Glasfasern. Die Zahlen von DaimlerChrysler zeigen, dass der Vorteil der Naturfasern auch in der nächsten Prozessstufe („Matten“) erhalten bleibt.

2.3 Eigenschaften von Naturfasern und ihre zuverlässige Datenerfassung

Autoren: Jörg Müssig (Hochschule Bremen/BIONIK) und Gabriel Cescutti (Faserinstitut Bremen)

2.3.1 Qualitätsmanagement und Qualitätsprüfung

Als eines der Vorurteile gegen eine industrielle Verwendung von naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) *(siehe Kapitel 4.1 bis 4.3)* zählt die jahresabhängige Qualität der Fasern. Dies führt häufig fälschlicherweise zu der Aussage, dass die Übertragung konventioneller Konstruktionsmethoden bzw. die Übertragung der Simulation der Struktur- und Verarbeitungseigenschaften von Standardkunststoffbauteilen auf Bauteile aus naturfaserverstärkten Kunststoffen nicht möglich sei. Eine unmittelbare Folge ist die Begrenzung der NFK auf mechanisch gering beanspruchte Bauteile (Cescutti & Müssig 2005). Strukturs imulationen von naturfaserverstärk-

ten Kunststoffen können allerdings sinnvolle Ergebnisse liefern, wenn sie auf der Basis von zuverlässigen Daten aufgebaut sind. Voraussetzungen hierfür sind nach Harig & Müssig (1999):

- die Bereitstellung von nahezu reproduzierbaren Faserqualitäten seitens der Faserzulieferer dank eines Qualitätsmanagements entlang der Wertschöpfungskette mit einem nachvollziehbaren Herkunftsnachweis sowie

- die objektive Ermittlung von exakten Fasereigenschaften für die Berechnung der Bauteileigenschaften.

Als Orientierung für die Industrie bezüglich der Auswahl objektiver Prüfmethoden wurden Prüfempfehlungen im Rahmen des Projekts N-FibreBase[32] *(siehe Tabelle 17)* erarbeitet. Diese Prüfempfehlungen wurden in enger Abstimmung mit dem „Arbeitskreis Naturfaserverstärkte Kunststoffe“[33] im AVK[34] entwickelt und werden von dieser Gruppe mitgetragen.

Bei der Faserprüfung wurde zwischen Eingangskontrollprüfverfahren und Verfahren zur Ermittlung von Kennwerten für die Berechenbarkeitsanalyse zur Bestimmung des Verarbeitungsverhaltens und der mechanischen Eigenschaften von NFK unterschieden. Für Qualitätseingangskontrollen von Fasern für die Serienbauteilfertigung sollten nach Drieling et al. (1999) und Philipp (2003) zur Erfassung der Fasereigenschaften möglichst objektive und preisgünstige Messmethoden verwendet werden.

Eine Bewertung der aktuellen Messmöglichkeiten im Hinblick auf ihre Einsatzmöglichkeit zur Qualitätskontrolle in der Serienproduktion wurde durchgeführt *(siehe Tabelle 17)*. Die Beurteilung der Messverfahren beinhaltet:

1. die Objektivität der Messverfahren,
2. die Eignung der Messverfahren für Eingangkontrolltests bzw. Berechenbarkeitsanalyse,
3. die Flexibilität der Messverfahren und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sowie
4. die wirtschaftliche Betrachtung (Cescutti & Müssig 2005).

32 *Im Internet kostenfrei unter www.n-fibrebase.net verfügbar.*
33 *Internetseite des Arbeitskreises www.avk-natur.de*
34 *AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe, Frankfurt a.M. (www.avk-frankfurt.de)*

Tabelle 17: N-FibreBase Prüfempfehlung für mechanische und physikalische Faserkennwerte

Fasereigenschaften	Messalternative	Verfahren / Messgerät	Messwerte	Normen bzw. Prüfvorschriften	Prüfangaben	Berechenbarkeit	Eingangskontrolle
Feinheit	1	Scannertechnik / Fibreshape	Faserbreite (µm) (kompl. Verteilung, Statistik oder Werte des Box-and-Whisker-Diagramms)	Internes Prüfverfahren (definierte Messmaske etc.)	Auflösung (dpi), Faseranzahl	x	x
	2	Gravimetrische Feinheit / Waage	Gravimetrische Messwerte (dtex) (Mittelwert)	EN ISO 1973, 1995	Schnittlänge, Faseranzahl		x
Länge	1	Dielektrische Erfassung / ALMETER	Länge (mm) (Verteilung querschnittbezogen, Mittelwert, Std.abw.)	In Anlehnung an Wolle (IWTO 17:1985), BW (nach Herstellerangaben) Bast (interne Prüfvorschrift)	querschnittbezogen, Vorbereitung (A-Bart), Anzahl Messungen	x	x
	2	Manuelles Prüfverfahren (Pinzettenverfahren)	Länge (mm) (Verteilung, Mittelwert, Std.abw.)	DIN 53808	Faseranzahl	x	
Festigkeit	1	Einzelelement Zugversuch / Zugprüfmaschine	Festigkeit (cN/tex) (Mittelwert, Std.abw.), E-Modul (cN/tex) (Mittelwert, Std.abw.), Um-rechnung auf N/mm² möglich	DIN EN ISO 5079	Einspannlänge (mm): 3,2 / 10 / 20 / Prüfgeschwindigkeit, Versuchsaufbau, Klemmenwerkstoff	x	
	2	Kollektivzugversuch / Stelometer	Festigkeit (cN/tex) (Maximalwert, Std.abw.), E-Modul (N/tex)	ISO 3060, 1974	Klemmenwerkstoff		x

Quelle: Cescutti & Müssig 2005

2.3.2 Methoden zur Qualitätsprüfung

2.3.2.1 Faserfeinheit

Die Wirkung des Aufschlusses auf die Faserbündel von Bastfasern wird im Wesentlichen durch die Veränderung der Faserfeinheit charakterisiert. Der Bestimmung der Faserfeinheit kommt demnach eine besondere Bedeutung zu. Auf der Basis einer detaillierten Analyse zur Anwendbarkeit der Methoden zur Feinheitsprüfung auf ein möglichst breites Spektrum von unterschiedlichen Naturfasern wurden zwei Methoden ausgewählt. Diese Methoden wurden in die N-FibreBase-Prüfempfehlung (www.n-fibrebase.net) aufgenommen. Hierbei handelt es sich um die gravimetrische Feinheitsprüfung und die Vermessung der Faserbreite mit dem System Fibreshape[35]. Beide Verfahren werden im Folgenden vorgestellt.

Gravimetrische Feinheitsmessung

Die Fasern und Faserbündel werden nach erfolgter Klimatisierung (24 h bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit) parallelisiert, ohne dass Fasern bei diesem Vorgang verloren gehen. Bei der Parallelisierung darf es zu keiner Verfeinerung der Faserbündel kommen, was eine Verfälschung der Feinheitswerte zur Folge hätte. Im Anschluss an diesen Vorgang werden die Fasern bzw. Faserbündel auf eine Länge von 20 mm geschnitten. Aus dem Faserkollektiv werden mittels Pinzette die einzelnen Fasern bzw. Faserbündel entnommen, gezählt und zum Abschluss im Kollektiv gewogen. Für jede Faserart wurden 500 Fasern ausgewertet. Die gravimetrische Feinheit *gF* in tex lässt sich nach folgender Größengleichung berechnen (Müssig 2001):

$$gF = \frac{\frac{M}{mg}}{N_B \cdot \frac{\overline{l_B}}{mm}} \cdot \underbrace{10^{-3} \cdot 10^{6}}_{=1.000} \qquad (1)$$

35 *Im Internet unter www.istag.ch erreichbar.*

Hierbei stellt N_B die Anzahl der gemessenen Fasern, M die Masse des Faserkollektivs in mg und l_B die Länge der geschnitten Fasern in mm (in dem betrachteten Fall 20 mm) dar.

Faserbreitenverteilung mit Fibreshape

Die Feinheitsverteilung von Bastfasern kann sich von einzelnen Fasern bis hin zu extrem groben Faserbündeln (wenige Mikrometer bis mehrere hundert Mikrometer) erstrecken. Die auf dem Fasermarkt vorhandenen automatisierbaren und schnell arbeitenden Prüfmethoden waren dieser Messaufgabe nicht gewachsen, so dass ein speziell an die Bastfaservermessung angepasstes System entwickelt wurde (Müssig & Schmid 2004).

Zur Vermessung werden die Fasern nach Klimatisierung (24 h bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit) zwischen zwei Diarahmen (Firma Gepe, Typ 69 01) präpariert. Im Rahmen der hier vorgestellten Messreihe wurden die Diarahmen mit einem Diascanner (Minolta Dimage Scan MultiPro) bei einer Auflösung von 4.800 dpi gescannt. Es wurde die Software Dimage scan 1.0 in Kombination mit der Software Photoshop 5.0 LE verwendet. Die Vermessung der aufgenommenen Bilder erfolgte mit der Software Fibreshape, wobei die Messmaske AFAS4800.D00 verwendet wurde. Die Zoom-Option wurde auf den Wert 0,71 gestellt.

2.3.2.2 Faserlänge

Zur Bestimmung der Faserlänge wurden nach Tabelle 17 zwei Methoden ausgewählt.

1. Pinzetten-Einzelelement-Längenmessung zur einfachen und relativ kostengünstigen Bestimmung der Faser- und Faserbündellänge.
2. Almeter-Messgerät zur automatischen Vermessung der Faser- und Faserbündellängenverteilung.

Pinzetten-Einzelelement-Längenmessung

Bei dem Einzelfaser-Messverfahren wird die Länge der gesamten Faser im gestreckten Zustand vermessen. Hierzu muss die krause Faser mit einer entsprechenden Kraft gestreckt werden, bis ein schlichter Verlauf erreicht ist, ohne dass die Faser jedoch gedehnt wird. Die Streckung der Fasern bzw. Faserbündel erfolgt mittels Pinzetten. Entsprechend der aufgetra-

genen Längenklassen wird der Längenwert der Faser ermittelt. Nach erfolgter Klimatisierung (24 h bei 20 °C und 65 % relative Luftfeuchtigkeit) wurden für jede Faserart mindestens 1.000 einzelne Elemente bezüglich der Länge vermessen und in Längenklassen eingeteilt.

Längenmessung mit dem Almeter

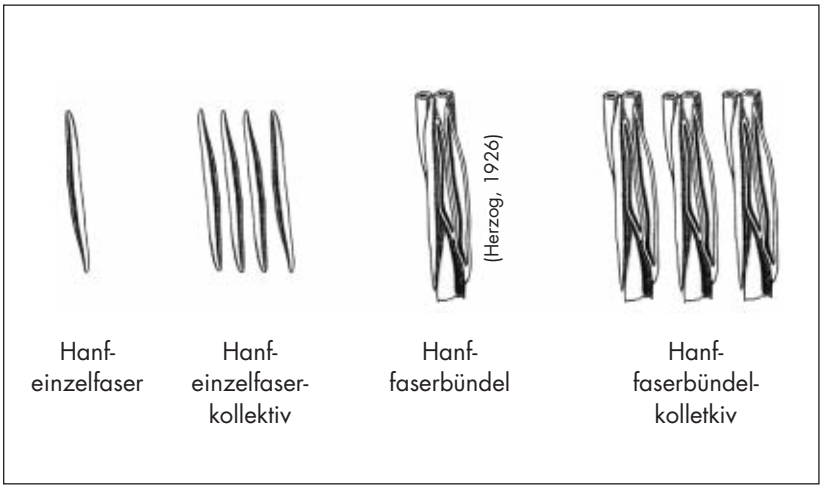
Das Almetergerät zur kapazitiven Vermessung der Faserlänge an Kollektiven aus Fasern bzw. Faserbündeln wurde ursprünglich für die Vermessung von Wolle entwickelt. Vor der eigentlichen Vermessung werden die zu vermessenden Elemente mit einem Vorbereitungsgerät, dem so genannten „Fibroliner", endengeordnet und parallelisiert. Detaillierte Informationen zu dem System wurden von Grignet (1981) veröffentlicht. Für Bastfasern wie Flachs und Hanf wurden die Nadelkämme vom Fibroliner angepasst. Die Anzahl der Kämme wird von 153 für Wolle auf 75 für Bastfasern reduziert. Zur Vermessung werden die Fasern nach Klimatisierung (24 h bei 20 °C und 65 % rel. Luftfeuchtigkeit) vorbereitet. Für jede Faserart werden mindestens 3 Proben mit einer Masse von ca. 0,6 g mit dem Fibroliner in einem Durchlauf zu einem so genannten „A-Bart" parallelisiert und endengeordnet. Die Vermessung der Längenverteilung erfolgt mit dem Gerät Almeter.

2.3.2.3 Faserfestigkeit

Das Ergebnis einer Festigkeitsprüfung an Bastfasern hängt sehr stark von der Art der Prüfung und der Art der getesteten Elemente ab. In Abbildung 22 sind Möglichkeiten der Anordnung der zu prüfenden Elemente aufgeführt, die bei einer Zugfestigkeitsprüfung zu unterschiedlichen Ergebnissen führen und somit nicht oder nur bedingt miteinander zu vergleichen sind.

Entsprechend der N-FibreBase-Prüfempfehlung (vgl. Tabelle 17) wurden zwei unterschiedliche Methoden zur Bestimmung der Festigkeit an Bastfaserelementen ausgewählt. Einerseits wurde eine Methode zum Kollektivtest und andererseits zur Prüfung von Einzelelementen ausgewählt. Die Kollektivprüfung ist insbesondere dann die Methode der Wahl, wenn eine schnelle Qualitätskontrolle oder ein Festigkeitsvergleich von Fasern und Faserbündeln ungefähr gleicher Feinheit gewünscht wird. Der Einzelelementtest ist vor allem dann die Methode der Wahl, wenn es um

Abbildung 22: Unterschiedliche Möglichkeiten zur Anordnung von Bastfaserelementen zur Bestimmung der Festigkeit



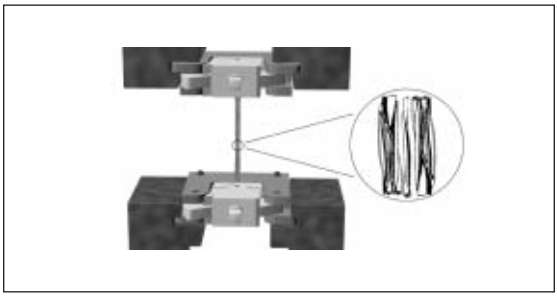
Quelle: Müssig 2001 (von Herzog 1926)

die exakte Ermittlung der mechanischen Eigenschaften von Fasern und Faserbündeln geht, die beispielsweise für die Berechnungsmodelle von NFK verwendet werden sollen.

Kollektivtest / Stelometer

Bei der Prüfung der Festigkeit mit dem Stelometer werden die Fasern bzw. Faserbündel in einem Kollektiv geprüft *(vgl. Abbildung 23)*. Vor dem eigentlichen Test werden die Fasern bzw. Faserbündel für 24 Stunden bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit klimatisiert. Die Proben werden in Pressley-Klemmen eingespannt, wobei die Klemmen mit PVC-Folien belegt sind. Die Einspannlänge beträgt 3,2 mm. Die Justierung des Geräts erfolgt vor den Versuchen nach ASTM D 1445. Zur Absicherung der statistischen Sicherheit werden 20 Kollektive pro Probe getestet. Die Festigkeit des Kollektivs in cN/tex kann aus der ermittelten Reißkraft in kg und der massebezogenen Feinheit des Kollektivs (tex) berechnet werden. Hierbei muss die Masse des Kollektivs mit einer Genauigkeit von 0.01 mg ermittelt werden.

Abbildung 23: Kollektivprüfung von Bastfaserbündeln, Einspannung in Pressley-Klemmen



Quelle:
Mehlich & Müssig 1998

Festigkeit von Einzelelementen / Dia-Stron

Die Steifigkeit und die Kraft-Weg-Charakteristik von Fasern beeinflussen das Verbundwerkstoffverhalten wesentlich. Zur Bestimmung der genannten Fasereigenschaften werden reproduzierbare Methoden benötigt, mit denen Messwerte ermittelt werden können, die einen möglichst hohen Nutzen für die Werkstoffentwicklung besitzen (Müssig et al. 2005). Nach Nechwatal et al. 2003 kommt bei der Bestimmung der Zugeigenschaftswerte von Fasern dem Einzelelementtest eine besondere Bedeutung zu. Als Probleme bei der Durchführung derartiger Versuche sind vor allem

- der Einfluss des Klemmwerkstoffs sowie der Faserschlupf in der Klemme,
- der Einfluss und die Berücksichtigung unterschiedlicher Fasereinspannlängen,
- die Bestimmung der Faser- bzw. Faserbündelquerschnittsflächen und
- die Kalkulation vom Fasermodul

zu nennen. Um die genannten Probleme zu lösen oder mögliche Einflüsse auf das Prüfergebnis zu reduzieren, wurde nach intensivem Austausch mit der Firma DIA-STRON Ltd., Großbritannien, ein entsprechendes Prüfgerät beschafft und an die Anforderungen angepasst.

Die zu untersuchenden Einzelelemente (Fasern bzw. Faserbündel) werden bei der neuen Methode nicht mehr geklemmt, sondern geklebt. Hierdurch lässt sich der Einfluss der Klemmung reduzieren und es lassen sich Einzelelemente bei Einspannlängen von 30, 20, 10, 5 und 3,2 mm

prüfen. Die zu 99 % aus der Kraftmessdose resultierende Nachgiebigkeit des Systems wird direkt bei der Auswertung korrigiert. Die Nachgiebigkeit des Klebers ist hingegen vernachlässigbar. Es lassen sich 45 Einzelelemente pro Autosampler präparieren, die automatisch nacheinander einem Laser zugeführt werden, mittels dem die Querschnittsfläche an mehreren Stellen (z.B. bei 10 mm Einspannlänge an 5 Stellen) vermessen wird. Im Anschluss daran erfolgt der automatisierte Weitertransport zur Zugeinrichtung. Nach erfolgter Zugprüfung, unter Vorgabe der gewünschten Vorspannkraft, werden die Probenhalter entnommen und die weiteren Proben automatisch vermessen. Mit der Software lassen sich sowohl flächenbezogene (N/mm^2) als auch feinheitsbezogene (cN/tex) Werte bestimmen. Das Analyseprogramm gestattet eine umfangreiche Auswertung der Daten, wie z.B. Ermittlung des wahren Nullpunkts, Dehnungskorrektur, umfangreiche Möglichkeiten zur Modulbestimmung, Ermittlung der Brucharbeit sowie der Arbeit zur Entfernung der Faserkrause und Querschnittsflächenbestimmung der Elemente.

Vor dem Versuch wurden die Fasern 24 Stunden bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit klimatisiert. Pro Probe wurden 90 Einzelelemente getestet, wobei die Einspannlänge 3,2 mm betrug und die Prüfgeschwindigkeit mit 2 mm/min festgelegt wurde.

2.3.2.4 Faserdichte

Die Bestimmung der wahren Dichte von Naturfasern birgt einige Schwierigkeiten. Die Dichtebestimmung mittels Schwebemethode bezieht die offenen Poren mit ein und ist somit für die Ermittlung der Dichte von Naturfasern besonders geeignet. Das Messprinzip beruht auf der Tatsache, dass ein Feststoff, der sich in einer Flüssigkeit mit identischer Dichte befindet, in ihr schwebt. Für die Bestimmung wird eine bestimmte Menge Fasern, die vorher getrocknet wurde (3 Stunden bei 105 °C), in ein Becherglas mit dem Lösemittel Tetrachlormethan gegeben. Aufgrund der hohen Dichte der Flüssigkeit (1,59 g/cm^3) schwimmt die Probe an der Oberfläche. Um die Fasern in den Schwebezustand zu versetzen und somit die Dichte der Flüssigkeit der Probendichte anzupassen, wird das Lösemittel Xylol (0,86 g/cm^3) hinzugefügt. Hierdurch verringert sich die Dichte des Lösemittelgemischs. Sobald die Probe sich im Schwebezustand befindet, ist ihre Dichte mit der der Flüssigkeit identisch. Im weiteren Verlauf

kann die exakte Dichte des Lösemittelgemischs mit Hilfe eines Pyknometers mit einer Genauigkeit von ± 0.005 $g \cdot cm^{-3}$ ermittelt werden.

2.3.3 Eigenschaften von natürlich gegebenen Fasern und industriell geschaffenen Fasern auf Basis von Cellulose

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Faseruntersuchungen ermittelt mit den Methoden

- Dichtebestimmung
- Bestimmung der Einzelelementfestigkeit / Diastron
- Messung der Einzelelementlänge
- Faserbreitenverteilung / Fibreshape

vorgestellt. Eine Übersicht der untersuchten Fasern ist dem folgenden Abschnitt zu entnehmen.

2.3.3.1 Untersuchte Fasern

Jute
Jutefasern *(Corchorus olitorius L.)* (Firma Schilgen) ohne Avivagen wurden seitens der Firma NAFGO GmbH, Neerstedt im Jahr 2001 für die Versuche zur Verfügung gestellt.

Sisal
Sisalfasern *(Agave sisalana PERR. et ENGELM.)* (Probenbezeichnung: Sisal-Orginal) wurden seitens der Firma NAFGO GmbH, Neerstedt im Jahr 2001 für die Versuche zur Verfügung gestellt.

Flachs A
Flachsfasern *(Linum usitatissimum L.)* (Probenbezeichnung: HL_04_01a) wurden von der Firma Holstein Flachs GmbH, Mielsdorf im Jahr 2004 für die Versuche zur Verfügung gestellt. Der Flachs wurde im Jahr 2003 in der Nähe von Mielsdorf angebaut und nach der Ernte nur kurz geröstet. Bei den verwendeten Fasern handelt es sich um Flachswerg, das im Schwingprozess bei der Firma Holstein Flachs vom Langflachs ausgesondert wurde.

Flachs B

Flachsfasern *(Linum usitatissimum L.)* (Probenbezeichnung: HL_04_01b) wurden von der Firma Holstein Flachs GmbH, Mielsdorf im Jahr 2004 für die Versuche zur Verfügung gestellt. Der Flachs wurde im Jahr 2003 in der Nähe von Mielsdorf angebaut und nach der Ernte sehr gleichmäßig feldgeröstet. Bei den verwendeten Fasern handelt es sich um Flachswerg, das im Schwingprozess bei der Firma Holstein Flachs vom Langflachs ausgesondert wurde.

Hanf

Hanffasern *(Cannabis sativa L.)* (Probenbezeichnung: GDE-02) wurden von der Firma NAFGO GmbH, Neerstedt für die Versuche zur Verfügung gestellt. Die Hanfsorte *Fedora* wurde in der Nähe von Neerstedt (Region Oldenburg) im Jahr 2002 angebaut und nur kurzzeitig zur Röste auf dem Feld belassen (A1000-Wert: 1.08 ±0.13). Die Stängel wurden bei der Firma NAFGO GmbH mit einer DEMTEC®-Linie der Firma Demaitre B.V., Belgien aufgeschlossen.

Ramie

Die Fasern wurden von der Firma Buckmann, Bremen für die Versuche zur Verfügung gestellt. Es handelte sich hierbei um Kardenband aus chemisch aufgeschlossenen Ramiefasern *(Boehmeria nivea H. et A.)* aus China (Lieferung 2000).

Cotton

Für die Versuche wurden folgende Cottonfasern verwendet (FIBRE 1994):

- Cotton (Gossypium barbadense L.): US Pima
- Mittlere Länge nach Anzahl (Almeter) 25,13 mm
- gravimetrische Feinheit Ø 1,452 dtex

Lyocell

Lyocell (Lyo... von griech.: lyein = lösen, Cell von Cellulose) auf der Basis von Cellulose gehört wie Viskose oder Cupro in die Gruppe der industriell geschaffenen Fasern (Schnegelsberg 1999). Die Lyocellfasern werden mittels des NMMO-Verfahrens durch Regenerierung der Cellulose in Faserform aus einer Lösung von Cellulose in einem organischen Lösungsmittel (N-Methyl-Morpholin-N-Oxid) gewonnen und bestehen somit zu fast 100 % aus reiner Cellulose. Die besonderen Eigenschaften von Lyocellfasern, wie

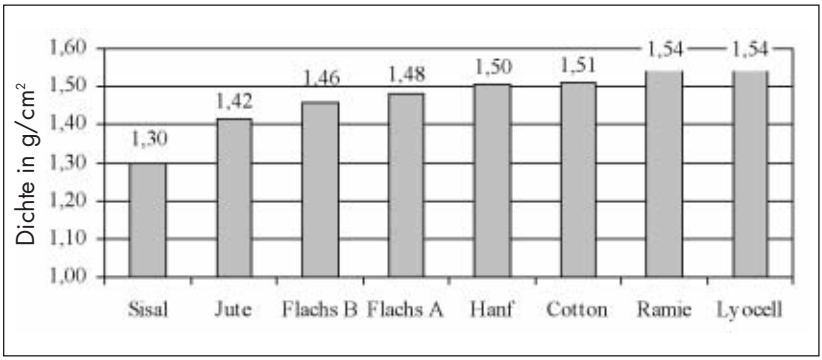
hohe Festigkeit und eine vergleichsweise niedrige Dehnung, beruhen dabei vor allem auf einer hohen Kristallinität und Orientierung der Moleküle. Einsatzgebiete von Lyocell-Fasern liegen nach Koch (1997) vor allem im Bekleidungssektor, aber auch im Bereich der technischen Textilien wie Filter und Spezialpapiere.

Obwohl die Lyocell-Faser nicht zur Gruppe der Naturfasern gehört, ist sie aufgrund ihres hohen Celluloseanteils Bestandteil der vorgestellten Untersuchungen. Die Lyocellfasern mit einer Feinheit von 6,7 dtex wurden von der Firma Lenzing AG, Österreich, zur Verfügung gestellt.

2.3.3.2 Dichte

Naturfasern sind in den letzten Jahren auch vor dem Hintergrund ihres Leichtbaupotenzials verstärkt in den Fokus neuer Werkstoffkonzepte gerückt. Naturfasern verfügen über signifikant niedrigere Dichten (> 40 %) verglichen mit Glasfasern, die einen Dichtewert von 2.7 g/cm^3 aufweisen. Dies kann anhand der gemessenen Werte, die in Abbildung 24 grafisch dargestellt sind, bestätigt werden. Die gemessenen Dichten weisen Werte von 1,3 g/cm^3 für Sisalfasern bis Dichtewerte von über 1,5 g/cm^3 für Cotton, Ramie und Lyocell auf. In diesem Zusammenhang muss berücksichtigt werden, dass die Dichte mehr durch die Struktur als durch den chemischen Aufbau der Faser bestimmt wird. Bobeth (1993) führt in diesem Zusammenhang aus, dass die Dichtebestimmung durch Faktoren wie Verunreinigungen auf der Faseroberfläche, dem Konditionierzustand sowie dem Vorhandensein von eingeschlossenen Kavitäten beeinflusst wird. Infolge des porösen Charakters einiger Naturfasern können starke Abweichungen zwischen gemessener und wahrer Dichte auftreten. So berichten Chakravarty (1971) und Sinha (1974) (zitiert in Batra 1998) über Abweichungen bezüglich der Dichtewerte von Fasern aus Bananengewächsen von bis zu 53 %. Die geringsten Unterschiede wurden mit ca. 11 % bei Ramiefasern und 12 % bei Sunnfasern gefunden. Batra (1998) merkt in seinen Arbeiten an, dass ein Vergleich von Literaturdaten bei nicht vergleichbaren Messmethoden zu einer weiten Streubreite der Dichtewerte führt. Die in Abbildung 7 dargestellten Dichteergebnisse der Fasern basieren auf gleicher Methode und erlauben somit einen direkten Vergleich der verwendeten Faserarten.

Abbildung 24: Dichtewerte von unterschiedlichen Fasern ermittelt mit der Schwebemethode



Quelle: Müssig et al. 2006a

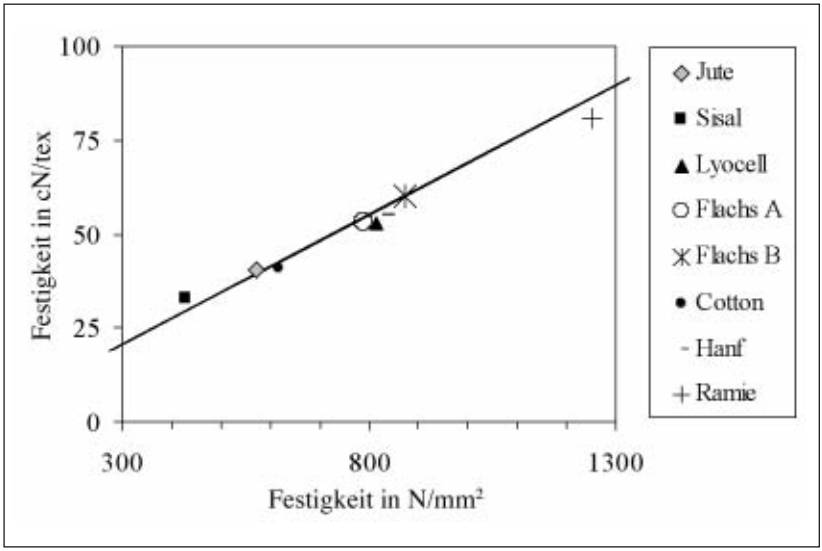
2.3.3.3 Verwendung der Dichte für die Faserfestigkeitsbestimmung

In grundlegenden Arbeiten zur Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften von NFK wird auf die Wichtigkeit der Verwendung einer möglichst exakt ermittelten Dichte bei der Berechnung der flächenbezogenen Festigkeit von Naturfasern verwiesen *(vgl. z.B. Madsen & Lilholt 2003, Cichocki & Thomason 2002)*. Im Bereich der Werkstoffwissenschaften wird vorwiegend mit flächenbezogenen Einheiten gearbeitet; für die Werkstofffestigkeit wird üblicherweise die Einheit N/mm² verwendet. Da die Vermessung der Querschnittsfläche von Fasern nicht trivial ist, hat sich vor allem im Bereich der Faser- und Textilforschung eine Masse/Längenbezogene Einheit etabliert (cN/tex). Die Bestimmung der gravimetrischen Feinheit lässt sich entsprechend der Formel (1) sehr einfach und ohne großen Geräteaufwand ermitteln.

Häufig wird eine Umrechnung von cN/tex-Werten in N/mm²-Werte unter Verwendung von Literaturdichtewerten vollzogen. Dies führt allerdings wegen der bereits beschriebenen stark schwankenden Literaturwerte zu ungenauen Ergebnissen. Viel Ziel führender ist die Ermittlung der exakten Faserdichte mit dem im Unterkapitel 2.3.2.4 beschriebenen Verfahren. Eine Umrechnung der Einheiten auf der Basis derartiger Werte lässt sich somit wesentlich exakter durchführen. Diese Aussage lässt sich anhand

der in Abbildung 25 dargestellten Ergebnisse bestätigen. Die querschnittsflächenbezogenen Werte in N/mm² basieren auf Messungen mit dem Festigkeitsmesssystem Dia-Stron. Unter Verwendung der gemessenen Dichtewerte aus Abbildung 24 wurden die flächebezogenen Werte in feinheitsbezogene Werte umgerechnet. Die Gerade in Abbildung 25 stellt die Ergebnisse einer Umrechung unter Verwendung einer „Standardliteraturdichte" von 1,45 g/cm² dar. Wie die Ergebnisse zeigen, führt die Verwendung der „Standardliteraturdichte" zu einer nicht exakten Umrechnung. Für die Faserarten mit Dichten > 1,45 g/cm² (z.B. Lyocell und Ramie) führt eine Umrechnung von cN/tex in N/mm² zu unterschätzten Werten, während für Faserarten mit Dichten < 1,45 g/cm² das Gegenteil eintritt. Hiermit wird deutlich, dass gerade für eine exakte Berechnung von NFK-Eigenschaften auf der Basis von Faserkennwerten eine exakte Bestimmung der Dichte unbedingt nötig ist.

Abbildung 25: Faserfestigkeit in cN/tex errechnet aus den exakt ermittelten Dichtewerten im Vergleich zur flächenbezogenen Festigkeit in N/mm² / Einzelelement-Festigkeit ermittelt mit dem Dia-Stron-System



Quelle: Müssig et al. 2006a

2.3.3.4 Mechanische Eigenschaften aus Einzelelementversuchen

Ein Literaturvergleich von Festigkeiten unterschiedlicher Naturfasern fällt zum Teil äußerst schwer, da sich die Prüfbedingungen, Faseranordnungen und Prüfmethoden häufig stark unterscheiden. Aus diesem Grunde wurden die im Kapitel 2.3.3.1 beschriebenen Fasern alle mit der gleichen Methode nach Kapitel 2.3.2.3 mittels Einzelelementtest vermessen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18: Mechanische Eigenschaften und Querschnittsflächen der untersuchten Fasern und Faserbündel / Einzelelementtest mit dem System Dia-Stron. (Die jeweils drei besten Naturfasern pro Parameter wurden fett markiert.)

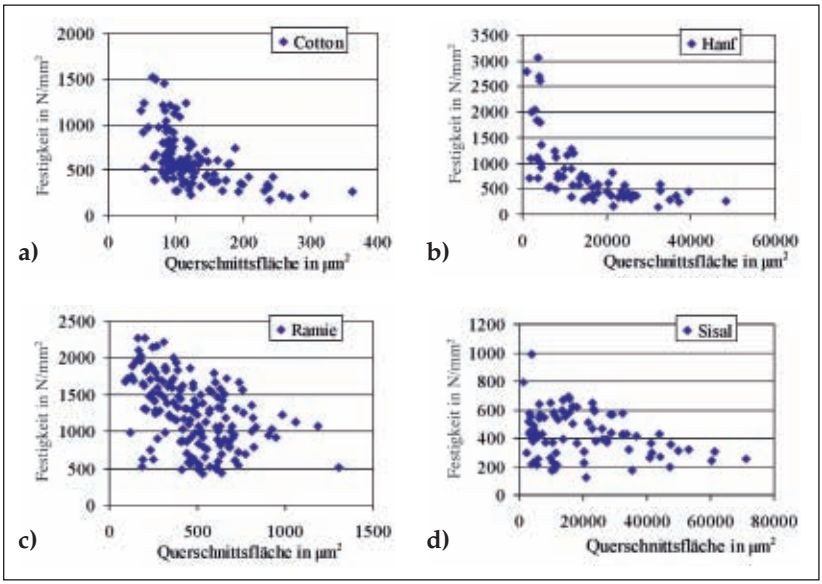
Faserart (Anzahl der getesteten Elemente)		Korrigierte Bruch-dehnung in %	Bruchkraft in N	Querschnitts-fläche in µm²	Gravi-metrische Feinheit * in tex	Festigkeit in N/mm²	Festigkeit in cN/tex*	E-Modul in N/mm²
Sisal	Mittelw.:	**11,4**	**8,0**	20.518	26,6	428	33,0	4.575
(84)	Median:	**11,3**	**6,5**	15.820	20,5	424	32,6	4.387
Flachs	Mittelw.:	6,6	**6,0**	8.254	12,0	**874**	**59,9**	14.583
(84)	Median:	6,5	**5,5**	7.020	10,2	**790**	**54,2**	12.840
Hanf	Mittelw.:	**8,0**	**8,3**	15.368	23,1	**827**	**55,0**	12.984
(66)	Median:	**7,8**	**7,9**	13.927	20,9	**588**	**39,1**	8.285
Flachs A	Mittelw.:	4,5	3,3	6.291	9,3	787	53,0	**18.968**
(85)	Median	4,3	2,8	5.071	7,5	521	35,1	**13.250**
Jute	Mittelw.:	3,2	1,2	2.388	3,4	571	40,3	**17.339**
(93)	Median:	3,1	1,1	2.040	2,9	540	38,1	**16.350**
Cotton	Mittelw.:	7,3	0,1	122	**0,18**	618	40,9	11.844
(117)	Median:	6,9	0,1	107	**0,16**	561	37,1	10.490
Lyocell	Mittelw.:	**16,7**	0,2	308	**0,48**	815	52,8	8.633
(93)	Median:	**16,1**	0,2	300	**0,46**	837	54,2	8.273
Ramie	Mittelw.:	3,8	0,5	475	**0,73**	**1.250**	**81,0**	**35.958**
(158)	Median:	3,7	0,5	461	**0,71**	**1.271**	**82,4**	**35.285**

* berechnete Werte unter Verwendung der ermittelten Dichten (vgl. Tabelle 17)

Quelle: Müssig et al. 2006a

Die Streuung der Eigenschaftswerte liegt in den natürlichen und durch Verarbeitungsverfahren aufgeprägten Defekten sowie in den natürlichen Schwankungen begründet. Ruys et al. 2002 zeigen in ihren Arbeiten ein breites Spektrum an Defekten in pflanzlichen Fasern auf. Sie nennen folgende Schwachstellen, die ein Versagen der Faser bewirken können: Risse, Löcher, Regionen reduzierter Faserquerschnitte, Faserkinken sowie vielfältige Unregelmäßigkeiten in Form und Gestalt. Sie führen weiterhin aus, dass durch einen Aufschluss die Anzahl an Faserfehlstellen steigt, was zu einem schnelleren Versagen der Faserstruktur führt. Weiterhin ergibt sich ein Zusammenhang zwischen Faserfestigkeit und Faserquerschnittsfläche. Dieser Effekt ist nach Flemming & Roth 2003 für Glasfasern ein bekanntes Phänomen und sie verweisen hierbei auf die Arbeiten von Griffith 1920, der bei kleinen Faserdurchmessern einen Anstieg der Faserfestigkeit beobachtet. Dieser Effekt kann auch für Naturfasern beobachtet werden, wie die Ergebnisse der Messungen in Abbildung 26b zeigen. In den vier Teilbildern sind die Faserfestigkeiten in N/mm^2 über der Querschnittsfläche dargestellt. Die Hanffaservariante (Abbildung 26b) zeigt eine breite Verteilung der Querschnittsflächen, was typisch für Bastfaserbündel ist. Im Bereich kleiner Querschnittsflächenwerte handelt es sich um sehr feine Bündel oder sogar Einzelfasern, während bei großen Querschnittsflächenwerten die Festigkeit von sehr groben Bündeln gemessen wurde. Beide Flachsvarianten (die Ergebnisse sind nicht grafisch dargestellt) zeigen ein vergleichbares Verhalten wie die untersuchte Hanfvariante. Die Festigkeits-Querschnittsflächenwerte von Sisalfasern sind in Abbildung 26d dargestellt. Es lassen sich vergleichbare Aussagen wie beim Hanf treffen. Zum Vergleich sind neben der Auswertung der Festigkeitsmessung von Faserarten mit Faserbündelstruktur zwei Varianten mit Einzelfasern dargestellt. In Abbildung 26a und 26c sind die Ergebnisse für Cotton und Ramie dokumentiert. Auch hier lassen sich die von Griffith 1920 gemachten Aussagen bestätigen. Mit abnehmender Faserquerschnittsfläche sinkt die Anzahl an möglichen Volumenfehlern, was eine Erhöhung der Festigkeit zur Folge hat.

Abbildung 26: Festigkeit über Querschnittsfläche für a) Cotton, b) Hanf, c) Ramie und d) Sisal



Quelle: Müssig et al. 2006a

2.3.3.5 Länge

Die Ergebnisse der Längenuntersuchung mit der Einzelelement-Methode nach Unterkapitel 2.3.2.2. sind in Abbildung 27 und Abbildung 28 zusammenfassend dargestellt. Nicht dargestellt sind die Werte der Lyocellfaser (geschnittene Stapelfaser) und der Flachsvariante Flachs B. Es wird deutlich, dass gerade die Bastfaserarten mit Bündelstruktur wie Jute, Flachs und Hanf eine linksschiefe Verteilung der Werte aufweisen, während die Faserarten mit Einzelfasern wie Cotton und Ramie eher normal verteilte Längenwerte aufweisen.

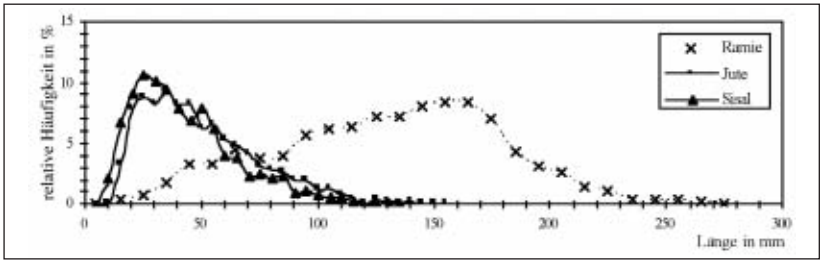
Sollen Fasern z.B. im Automobilbereich im Formpressverfahren *(vgl. Kapitel 4.1.2)* eingesetzt werden, muss zuvor eine Verarbeitung der Fasern, z.B. mit der Krempeltechnik, zu Filzen oder Vliesen erfolgen. Alle betrachteten Bastfasern (Hanf, Flachs, Jute und Ramie) und Blattfasern (Sisal)

verfügen über ein Längenspektrum, was eine Verarbeitung mittels Krempeltechnik erlaubt.

Der große Vorteil von Bastfaserbündeln liegt in der einstellbaren Variabilität der Faserbündellängen. So lassen sich durch einen schonenden Aufschluss Faserbündel mit sehr großen Längenwerten herstellen, während eine Fasercharge mit kleineren und normal verteilten Faserlängenverteilungen durch die Wahl des Aufschlussverfahrens gezielt herstellbar ist.

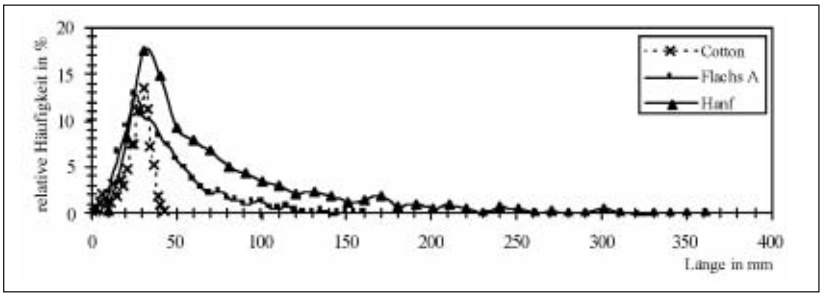
Zu beachten ist die Änderung der Faserlängenwerte während der Verarbeitung zum Verbundwerkstoff. Eine Faser in einem Nadelfilz, welcher zu einem Formpressbauteil verarbeitet wird, ändert während der Bauteilherstellung nicht mehr seine Längenwerte, so dass eine Vorherberechnung der Eigenschaften des Bauteils auf der Basis der Längenwerte aus dem textilen Halbzeug erfolgen kann. Wird eine Faser hingegen im Bereich Spritzguss eingesetzt, führt eine Berechnung der NFK-Eigenschaften auf der Basis der zudosierten Faser zu falschen Werten. Naturfasern degradieren im Compoundier- und Spritzgießprozess bezüglich ihrer geometrischen Eigenschaften. Joseph et al. 2003 stellten bei Sisalfasern in einer Polypropylenmatrix während der Verarbeitung eine Degradation der Längenwerte bis zu 60 % im Vergleich zur Ausgangslänge fest. In aktuellen Arbeiten werden die Veränderungen der Fasergeometrien (Länge und Breite) bei der Verarbeitung von Naturfasern im Compoundier- und Spritzgießprozess genauer untersucht *(vgl. z.B. Bos et al. 2006 und Cescutti et al. 2006)*. Ziel dieser Arbeiten ist, die Faserdegradation im Spritzgießprozess beschreibbar zu machen, um eine Vorherberechnung der NFK-Eigenschaften zu ermöglichen.

Abbildung 27: Faserlängenverteilung der Fasern Ramie, Jute und Sisal, gemessen mit dem Pinzettenverfahren



Quelle: Müssig et al. 2006a

Abbildung 28: Faserlängenverteilung der Fasern Cotton, Flachs A und Hanf, gemessen mit dem Pinzettenverfahren



Quelle und Grafik: Müssig et al. 2006a

2.3.3.6 Faserbreitenverteilung

Die Ergebnisse der Untersuchung der Fasern aus Unterkapitel 2.3.3.1 bezüglich ihrer Breitenverteilung mit dem System Fibreshape sind in Tabelle 19 und Abbildung 29 zusammenfassend dargestellt. Die Faserbreitenverteilung wird bei Naturfasern stark von der Varietät sowie der Methode und dem Grad der Verarbeitung beeinflusst. Letzteres trifft vor allem auf Fasern mit Faserbündelstruktur zu. So hat in diesem Zusammenhang z.B. der Grad der Röste von Flachs einen entscheidenden Einfluss auf die Faserbreitenverteilung. Wie in Tabelle 19 dargestellt, verfügt der wesentlich länger geröstete Flachs A über deutlich feinere Faserbündel als der nur leicht geröstete Flachs B. Zusätzlich ist die Verteilung der Breitenwerte beim gut gerösteten Flachs B viel gleichmäßiger. Für die Cottonvariante kann eine sehr gleichmäßige, fast normal verteilte Breitenverteilung ermittelt werden, was auf das Phänomen der Anwesenheit von reinen Einzelelementen zurückzuführen ist.

Für die Verwendung von Naturfasern in NFK-Strukturen spielt die Feinheit eine entscheidende Rolle für die Erzielung bestimmter Eigenschaften. Bei feinen Elementen lässt sich eine viel größere Kontaktfläche zwischen Faser und Polymerwerkstoff erzielen als bei einem großen Element. Die Erzielung größerer Kontaktflächen führt zu verbesserten Werkstoffeigenschaften, da die Kraftübertragung zwischen Faser und Polymerwerkstoff optimiert wird. Auch in diesem Zusammenhang muss auf die Besonderheit der Bastfasern wie Flachs und Hanf hingewiesen

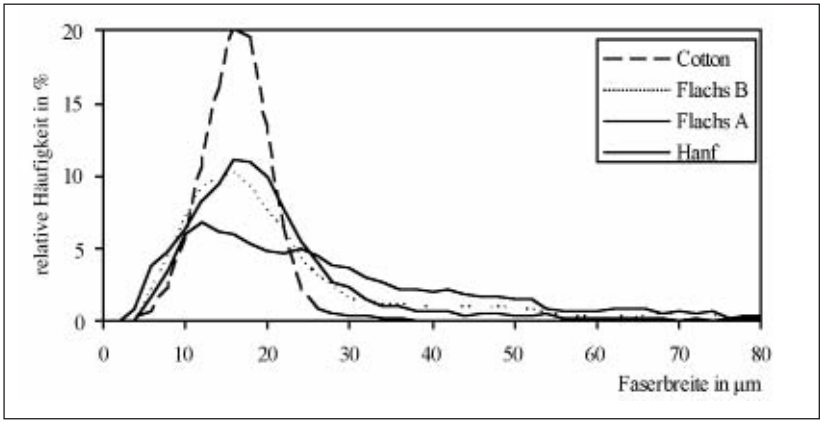
werden. Durch die Einstellung der Scherkräfte bei der Compoundierung und der Spritzgießverarbeitung lassen sich selbst grobe Faserbündel gezielt bezüglich der Feinheit aufschließen, was bei guter Prozesskontrolle zu verbesserten Eigenschaften der NFK führt (Müssig et al. 2005).

Tabelle 19: Ergebnisse der Faserbreitenmessung mit dem System Fibreshape

		Sisal	Jute	Hanf	Flachs B	Flachs A	Ramie	Cotton
Anzahl der getesteten Elemente		1.011	3.492	5.074	6.974	18.894	5.172	18.029
Zentil $X_{0,90}$	in µm	162,6	62,8	76,3	69,5	32,8	31,4	20,4
Quartil $X_{0,75}$	in µm	121,1	50,3	48,7	31,3	22,4	24,7	18,0
Median $X_{0,50}$	in µm	85,3	34,8	26,8	19,0	16,9	18,5	15,4
Quartil $X_{0,25}$	in µm	27,7	12,5	13,4	12,3	12,2	13,5	12,8
Zentil $X_{0,1}$	in µm	11,6	6,0	7,6	7,3	8,2	9,8	10,2
Mittelwert:	**in µm**	**84,4**	**34,8**	**37,6**	**30,7**	**20,2**	**19,8**	**15,5**
Standardabweichung	in µm	59,9	23,5	39,3	36,2	15,5	8,5	4,4
Variationskoeffizient	in %	70,9	67,4	104,5	117,7	76,9	42,9	28,2
Vertrauensbereich 95 % / 5 %	in µm	3,7	0,8	1,5	1,1	0,3	0,2	0,1

Quelle: Müssig et al. 2006a

Abbildung 29: Faserbreitenverteilung der Fasern Cotton, Flachs A, Flachs B und Hanf



Quelle: Müssig et al. 2006a

2.3.4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Erfahrungen aus dem Bereich der heimischen Faserpflanzen Hanf und Flachs zeigen, dass durch ein Qualitätsmanagement, beginnend beim Anbau und basierend auf nachvollziehbaren Herkunftsnachweisen- und Ernteparametern, konstante Faserqualitäten erzielt werden können. Aus den heutigen Kenntnissen über die wesentlichen Einflüsse der Naturfasereigenschaften auf die Bauteileigenschaften sowie dem Einsatz von objektiven und harmonisierten Messmethoden, können zuverlässige Daten für die Berechenbarkeit von NFK-Bauteilen ermittelt werden. Einen wichtigen Baustein zur Harmonisierung der weltweiten Fasermessungen stellt die vorgestellte Prüfempfehlung für Naturfasern dar, die im Rahmen des Projekts N-FibreBase[36] formuliert wurde.

2.4 Faseraufschluss von Flachs und Hanf

Autoren: Jörg Müssig (Faserinstitut Bremen) und Michael Carus (nova-Institut)

2.4.1 Heimische Pflanzenfasern – Eine Begriffsfindung[37]

Zur eindeutigen Beschreibung der Unterschiede der Fasern (sowohl Hanf als auch Flachs) aus der „traditionellen“ gegenüber der „modernen“ Verarbeitung, fehlen bisher häufig eindeutige Begriffe. Versuche zur Begriffsfindung scheitern bisher meistens daran, dass die eingeführten Benennungen nicht das gleiche Bezugssystem haben oder sich an veränderbaren Verfahren orientieren.

Beispielsweise haben die in der Literatur gemachten Gegenüberstellungen *Langfaserlinie* (traditionelle Verarbeitung) zu *Wirrfaserlinie* (modernere Verarbeitung) nicht den gleichen Bezug. Während bei *Langfaserlinie* die Länge der Faser den Bezug bildet, ist bei *Wirrfaserlinie* die Anordnung

36 *Das Projekt wurde gefördert von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FKZ: 22004500)*
37 *Vergleiche hierzu auch Müssig 2001.*

der Fasern die charakterisierende Eigenschaft. Der Begriff Wirrfaser steht für Fasern, deren Faserlage im Faserkollektiv in wirrer Streulage[38] vorliegt (Schnegelsberg 1999).

Ähnlich problematisch ist die Gegenüberstellung *Kurz-* und *Langfaserlinie*. Der Begriff *Langfaser* und insbesondere *Langfaserbündel* ist nach Schnegelsberg 1999 sehr gut zur Beschreibung des Zustandes der Faserbündel am Ende des traditionellen Aufschlusses geeignet. Die konsequente Gegenüberstellung zu *Langfaser* ist zwar *Kurzfaser*, allerdings verdeutlicht die Bedeutung des Begriffes *Kurzfaser*[39], dass die Benennung *Kurzfaserlinie* keinesfalls geeignet ist, den Zustand der Bastfasern aus derartigen Aufschlusslinien vernünftig zu beschreiben.[40]

Die Einführung einer Längenangabe, ab wann etwas lang oder kurz ist, würde hier auch nicht weiterhelfen, da beispielsweise die Angabe einer konkreten Länge nur die *Eigenschaft* der Faser beschreiben würde. Zur Begriffsbildung reicht es allerdings nicht aus, Eigenschaften zu finden, vielmehr müssen geeignete Merkmale gefunden werden. Nach Schnegelsberg (1974) ist die Erkennbarkeit des Merkmals für die Bestimmung des Begriffes Grundvoraussetzung. Anhand eines einfachen Beispiels soll dies verdeutlicht werden: *„Die Kugel ist blau und rund."* Während die Farbe blau die spezielle Eigenschaft dieser Kugel ist, ist das Kugelförmigsein das Merkmal aller Kugeln. In diesem Beispiel ist es relativ einfach, was Eigenschaft und was Merkmal ist. In anderen Fällen kommt es darauf an, die im Unbewussten unreflektiert vorhandenen Merkmale bewusst zu machen.

In diesem Zusammenhang ist zu fragen, welches das charakteristische Unterscheidungsmerkmal zwischen der in Abbildung 30 dargestellten traditionellen Flachs- oder Hanfverarbeitung und einer „modernen Verarbeitungsweise" ist. Mit Sicherheit nicht in erster Linie die Länge, denn beim traditionellen Verfahren stand das Parallelisieren der Faserbündel[41] im

38 *In einer Streulage weisen die betrachteten Gebilde keine bevorzugte Richtung auf.*

39 *Bedingt verspinnbare Vollfaser, die nur mit Hilfe einer Trägerfaser versponnen werden kann (Schnegelsberg 1999).*

40 *In Kapitel 3.1.1 wird die Wirrfaserlinie bzw. Kurzfaserlinie auch als Gesamtfaserlinie bezeichnet. Auf diesen Begriff wird hier nicht näher eingegangen. Diese Charakterisierung bezieht sich darauf, dass bei der Gesamtfaserlinie primär eine Faserart (Kurzfasern in Wirrlage) produziert wird und nicht, wie bei der traditionellen Langfaserlinie, in einem Prozess wohl unterscheidbare lange und kurze Fasern.*

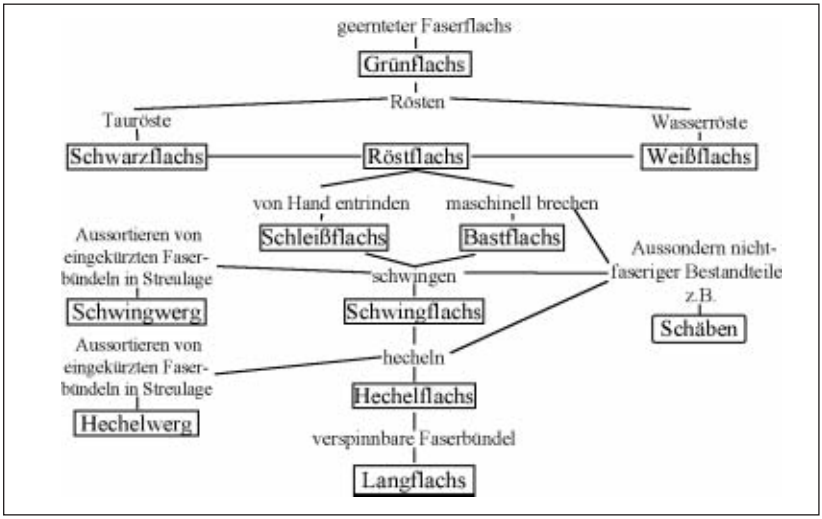
41 *Ein Faserbündel ist ein zusammengesetztes Faserkollektiv. Die einzelnen Bündelfasern sind miteinander verklebt und verkittet und lassen sich durch biologische, chemische oder mechanische Verfahren aus dem Faserbündel bis zur Einzelfaser auflösen (Schnegelsberg 1999).*

Vordergrund, während bei neueren Verfahren vor allem aus wirtschaftlichen Gründen auf die Parallelität der Faserbündel bei der Aufbereitung verzichtet wird und die Fasern in Streulage aufbereitet und verarbeitet werden.

Diese beiden zuvor genannten Beispiele (*Lang-/Wirrfaserlinie* und *Kurz-/Langfaserlinie*) verdeutlichen die Unzulänglichkeiten der zurzeit verwendeten Begriffe. Es erscheint daher sinnvoll und notwendig, verständliche und vor allem logische Begriffe zu definieren. Hierbei kann es zweckmäßig sein, sich an einer während der Verarbeitungskette vom Anbau bis zum Ende des Faseraufschlusses nicht veränderten Eigenschaft zu orientieren, ohne das eigentliche veränderbare technische Verfahren mit in die Begriffsfindung zu integrieren.

Bei der traditionellen Verarbeitung müssen die Stängel bereits bei der Ernte in einer geordneten Richtungslage[42] parallel auf dem Feld abgelegt werden. Die Stängel werden in dieser Lage geborgen und im Aufschluss-

Abbildung 30: Traditionelle Verarbeitung von Flachsstängeln zu Langflachs



Quelle: Schnegelsberg 1996 – von Hanf auf Flachs angepasste Darstellung Müssig 2001

42 *Bei dieser Anordnung liegen die betrachteten Gebilde in einer Richtung vor.*

betrieb in dieser Richtungslage der Schwing- und Hecheleinheit zugeführt. Die gewonnenen langen Faserbündel befinden sich weiterhin in Richtungslage und können so dem Spinnprozess zugeführt werden. In Abbildung 30 ist die traditionelle Verarbeitung von Flachs schematisch dargestellt. Diese Technik wird mit dem Ziel verfolgt, Fasern (so genannten Hechelflachs) für die Nassspinntechnik zu produzieren.

Bei vielen modernen Verfahren wird bei der Ernte, der Feldröste, der anschließenden Bergung der Stängel und dem Aufschlussverfahren nicht auf die Orientierung der Stängel und der Fasern geachtet. Die Stängel und die Fasern liegen in fast allen Stufen der Verarbeitungskette in einer Streulage[43] vor. Vor diesen Hintergründen erscheint es sinnvoll, als charakterisierendes Merkmal die Lage der Stängel bzw. der Fasern zu wählen und Begriffe einzuführen, die diese Orientierungen namentlich berücksichtigen. Hierdurch kann erreicht werden, dass die Unterscheidung unabhängig wird vom eingesetzten Verfahren und die Zuordnung nachvollziehbar über die Lage bzw. Orientierung der Stängel oder Fasern erfolgen kann. Es wird vorgeschlagen, die hier eingeführten Begriffe **Längsfaserhanf (-flachs)** und **Wirrfaserhanf (-flachs)** wie folgt zu verwenden.

Als **Längsfaserhanf (-flachs)** werden die Faserkollektive bezeichnet, deren Fasern bzw. Faserbündel vorzugsweise nur in eine Richtung orientiert sind (Fasern in längsorientierter Richtungslage).

Der Begriff **Wirrfaserhanf (-flachs)** steht für Faserkollektive, deren Fasern bzw. Faserbündel keine bevorzugte Orientierung aufweisen (Fasern in wirrer Streulage).

Durch die Wahl dieser Definition kann beispielsweise das bei der Herstellung von Längsfaserflachs nach Abbildung 30 anfallende Schwing- und Hechelwerg dem Wirrfaserflachs zugeordnet werden.

Anmerkung: Da sich diese neuen und eindeutigen Begriffe auch in der Fachwelt noch nicht durchgesetzt haben, werden in diesem Buch in der Regel weiterhin die unscharfen Begriffe Kurz- und Langfaser verwendet, wie sie sich eingebürgert haben und allgemein verwendet werden. Auf die Probleme dieser Begriffe wurde in diesem Kapitel ausführlich hingewie-

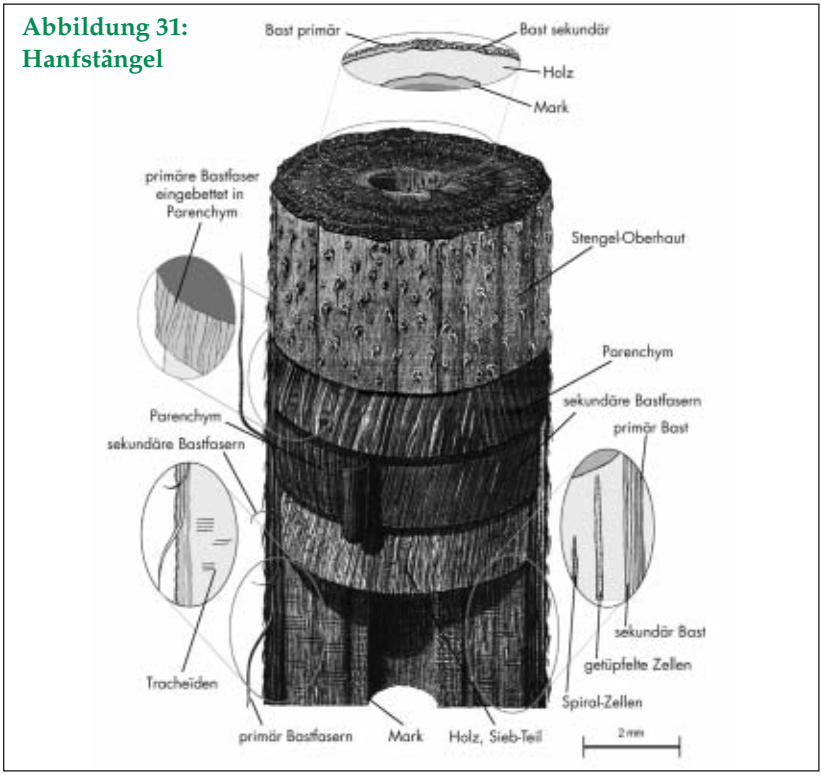
43 *Da es sowohl wirre als auch gemusterte Streulagen gibt, würde die Verwendung des Begriffes Wirrlage – als Untergliederung der Streulage - eine unnötige Einschränkung bedeuten.*

sen. Meist können die hier diskutierten Eigenschaften der Fasern aber aus dem Kontext, in dem die Begriffe verwendet werden, abgeleitet werden. Ist von Langfasern die Rede, sind zudem in aller Regel *Längsfasern* gemeint, ist von Kurzfasern die Rede, sind in der Regel *Wirrfasern* gemeint.

2.4.2 Aufschlussverfahren

Bei den Faserpflanzenstängeln liegen die Fasern, wie in Abbildung 31 dargestellt, in die äußerste Rindenschicht eingebettet. Beim Flachs und beim Hanf sind die Einzelfasern (Einzelzellen) durch Pektine und andere Kittsubstanzen zu Faserbündeln verbunden.

Abbildung 31: Hanfstängel



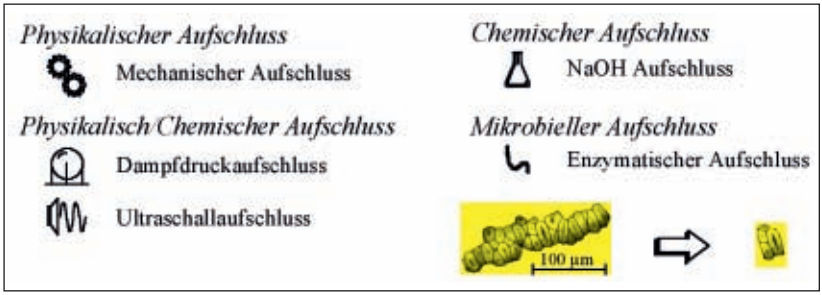
Quelle: Reumuth 1944 – erweitert durch Mehlich 1998

Wenn im Allgemeinen von Aufschluss gesprochen wird, so sind eigentlich zwei Prozessstufen gemeint:

1. Trennung von Holzkörper und Rindenschicht und
2. Verfeinerung der Faserbündel.

In der Literatur werden unterschiedliche Verfahren zur Entholzung und zur Verfeinerung (Aufschluss) der Faserbündel behandelt. Eine Übersicht der Aufschlussverfahren ist in Abbildung 32 gegeben.

Abbildung 32: Prinzip der Verfeinerung grober Faserbündel und Unterteilung nach der Aufschlussart



Quelle: Müssig 2001

Bei der Betrachtung der Struktur des Faserbündels im unteren Bildteil nach Abb. 32 wird deutlich, dass die Anzahl der Einzelfasern pro Bündel und damit verbunden die Feinheit eines Bündels variierbar ist. Als Aufschluss wird die Trennung von kleineren Faserbündeln oder Einzelfasern aus einem größeren Faserbündel verstanden. Die durch einen Aufschluss minimal erreichbare Querschnittsfläche ist durch die Querschnittsfläche der Einzelfaser gekennzeichnet. Allerdings muss in diesem Zusammenhang immer auch die Länge der Einzelfaser berücksichtigt werden, da für eine Verarbeitung der Fasern oder Faserbündel in vielen Fällen eine bestimmte Länge erforderlich ist. Die Angaben zur geometrischen Beschaffenheit von Hanfeinzelfasern unterliegen nach Literaturangaben starken Schwankungen. Tabelle 20 gibt einen Überblick über in der Literatur zu findende Angaben zur Geometrie der Hanfeinzelfaser (primäre Fasern). Wie aus den Angaben ersichtlich ist, kann die mittlere Einzelfaserlänge grob mit ca. 20 bis 25 mm angegeben werden.

Tabelle 20: Überblick über die geometrischen Angaben zur Hanfeinzelfaser (primäre Fasern)

Autor	Hanfbastfaser (Einzelfaser)	
	Länge in mm	**Breite** in µm
Schacht 1853*		13 – 20
v. Wiesener 1867*		10 – 28
v. Wiesener 1921*	mehrere cm	15 – 28 (meist 16 – 29)
Cramer 1882*	–	bis 42
Vétillard 1876*	5 – 55 (meist 15 – 25)	meist 22
Hanausek 1901*	10 – 50	wie Vétillard (1876)
Solaro 1914*	8 – 55 (meist 28)	7 – 59 (meist 32)
Batra 1998	5 – 55 (meist 25)	10 – 51

* zitiert in Herzog 1926

2.4.3 Faseraufschluss in der Praxis

Traditionelle Langfaserlinien für Hanf gibt es in Europa nur noch in wenigen osteuropäischen Ländern wie Rumänien oder Polen; evtl. wird es bald eine neue Linie in Italien geben *(siehe Kapitel 4.7.2)*. Beim Flachs dagegen dominieren die Langfaserlinien. Insbesondere in Frankreich und Belgien werden die hochwertigsten Flachslangfasern in der Welt in großen Mengen produziert *(siehe auch Kapitel 1.2 und 3.1)*. In Deutschland gibt es nur noch eine Flachsfaserschwinge zur Produktion von Flachs-Längsfasern *(siehe Kapitel 2.4.1)* und zwar in Mielsdorf, betrieben von der Firma Holstein Flachs (www.flachs.de).

In Deutschland und vielen anderen EU-Ländern spielen heute vor allem die sog. Wirrfaserlinien, auch Kurz- oder Gesamtfaserlinien genannt, eine Rolle *(siehe Kapitel 3.1)*. Hanffasern in ganz Europa werden auf diese Weise aufgeschlossen und ebenfalls einige Flachsfasern. Das beim Langfaseraufschluss anfallende Werg (Kurzfasern) wird in ähnlicher Weise weiterverarbeitet wie die entholzten Fasern in den Wirrfaserlinien, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Typische Wirrfaserlinie Hanf

Das bereits bei der Ernte eingekürzte und auf dem Feld geröstete Hanfstroh wird als Rund- oder Quaderballen der Faseraufschlussanlage zugeführt.

Nach Passieren des Ballenöffners gelangt der Hanf in Brecheinheiten, die den Holzkern des Stängels brechen und eine Trennung der Fasern vom Holz vorbereiten. Je nach Intensität des Brechvorgangs, der mittels unterschiedlich gezahnter Walzenpaare stattfindet, fallen bereits mehr oder weniger lose Schäben auf ein Auffangband.

Das teilentholzte Stroh läuft dann über Voröffner, Reiniger und Vorauflöser oder auch Schüttel- und Nadelöffnungseinheiten. Diese Verfahrensstufen stellen bereits die erste Stufe des eigentlichen Faseraufschlussprozesses dar, die Schäben werden weitgehend entfernt, die groben Faserbündel eingekürzt und teilweise aufgelöst. Je nach Typ, Hersteller und Maschinenausführung folgen weitere Auflöse-, Verfeinerungs- und Reinigungsstufen. Dabei können Stufenreiniger, Walzen, Kardiereinrichtungen oder auch pneumatische Reiniger zum Einsatz kommen. Beim Durchlauf durch die verschiedenen Aggregate werden die Faserbündel durch die intensiven Brech-, Verzugs-, Kardier-, Reiß- und Schüttelvorgänge weiter aufgelöst und verfeinert. Dabei werden die Fasern außerordentlich stark belastet und zwangsläufig auch geschädigt. Je nach eingesetztem Rohstoff (Reife- und Röstgrad Faserqualität, Sorte) und gewünschter Zielfaser fallen die Faserverluste (Superkurzfasern, Staub) und damit die Gutfaserausbeuten unterschiedlich aus; in der Regel liegen sie bei etwa 20 – 25 % Kurzfasern (bezogen auf Stroh). *(siehe auch Abbildung 17 in Kapitel 2.2.1)*

Die zum Faseraufschluss notwendigen Maschinen sind teure Spezialmaschinen, die von kleinen Herstellern, vor allem aus Frankreich, Belgien und Deutschland, in kleinen Stückzahlen, meist individuell angepasst, produziert werden. Es sind oft monatelange Modifikationen nötig, um die Nennleistungen der Anlagen hinsichtlich Durchsatz, Qualität der Fasern und Dauerlauf zu erreichen (zur Wirtschaftlichkeit *siehe Kapitel 2.2*).

Als Faustregel für die Gesamtinvestitionskosten einer Wirrfaser-Aufschlussanlage gilt: Pro Durchsatz von 1 Tonne Stroh pro Stunde fallen Investitionskosten von 1,2 bis 2 Mio. € an (Frank 2006). Beispiel: Eine Anlage mit einem Durchsatz von 2,5 t/h kostet zwischen 3 und 5 Mio. €.

Im Anhang sind u.a. die wichtigsten Anbieter von Faseraufschlussanlagen für Flachs und Hanf genannt. In Deutschland sind in den letzten Jahren besondere Aktivitäten der Firma TEMAFA zu beobachten, die in Kooperation mit dem wichtigsten Hanfverarbeiter Badische Naturfaseraufbereitung (BaFa) international hochwertige Wirrfaserlinien anbietet. Eine Wirrfaserlinie mit teilweise neuen Einzelkomponenten wurde am Institut für Agrartechnik (ATB) in Potsdam-Bornim entwickelt und soll in

Kürze als Pilotanlage umgesetzt werden. (Alle Kontaktdaten im Anhang)

Die beschriebene Wirrfaserlinie stellt in den neuen Hanfwirtschaften der EU die Standardtechnologie zur Produktion technischer Kurzfasern (Schäbengehalt unter 5 %, meist niedriger) dar, aus denen Vliese, Filze und Verbundwerkstoff hergestellt werden. Typische Marktpreise für Kurzfasern aus der Wirrfaserlinie lagen 2006 bei 0,55 – 0,60 €/kg *(siehe auch Kapitel 3.1.3)*. Erheblich einfachere Faseraufschlussverfahren finden Verwendung, um die Hanffasern für die Zellstoff-Produktion aufzuschließen *(siehe Kapitel 4.5)*. Hier genügen Hammermühlen, die eine Entholzung bis zu einem Schäbengehalt von maximal 10 – 20 % garantieren. Hammermühlen kommen vor allem in Frankreich und Spanien zum Einsatz.

Textile Fasern

Um Fasern zur Produktion von Bekleidungstextilien zu gewinnen, sind weder Hammermühlen noch Wirrfaserlinien geeignet. Zur Gewinnung dieser hochwertigen Fasern, die ja verspinnbar sein müssen, muss entweder auf den traditionellen Längsfaseraufschluss zurückgegriffen werden oder es müssen neue Faseraufschlussverfahren, die die mechanisch aufgeschlossenen Fasern mittels (bio-)chemisch-physikalischer Verfahren weiter verfeinern, zum Einsatz kommen.

Die innovativen Verfahren aus Deutschland (Dampfdruck-, Ultraschall-, enzymatischer Aufschluss), Frankreich und Italien (enzymatischer Aufschluss) warten noch auf ihre industrielle Umsetzung. Näheres zu diesen Verfahren findet man in Kapitel 4.7.2 zu Textilien aus Flachs und Hanf.

Die Verfahren wären sowohl für Bekleidungstextilien als auch zur Glasfasersubstitution geeignet, da sie definierte Qualitäten liefern und verschiedene Rohstoffqualitäten mittels Prozesstechnik ausgleichen können. Chemische und enzymatische Verfahren für Hanf sind bislang nur in China in Betrieb, wo sie zur „Kotonisierung“ genutzt werden. Das bedeutet, dass die Hanffaser der Baumwolle angeglichen wird, um sie dann, meist in Mischungen mit Baumwolle, auf Standardmaschinen der Textilindustrie verarbeiten zu können.

Für Flachs kommen entsprechende Verfahren auch in Belgien und Frankreich zum Einsatz. Eine deutsche Anlage musste Ende der 90er Jahre nach nur kurzer Betriebszeit wieder ihre Tore schließen.

3.

Globale Wettbewerbssituation heimischer Naturfasern

3 Globale Wettbewerbssituation heimischer Naturfasern

3.1 Wettbewerbssituation unter den Naturfasern in der EU

In der Europäischen Union werden die Faserpflanzen Flachs und Hanf sowie in sehr geringem Umfang Fasernessel und Kenaf angebaut und verarbeitet.

Die Fasernessel wird in Deutschland auf 180 ha für die Bekleidungstextilindustrie angebaut. Die gesamte Prozesskette befindet sich aber eher noch in einem Versuchsstadium als in wirklich industrieller Produktion (NP 2006-08-11). Kenaf-Projekte gab es in Spanien, die letztendlich aber bisher zu keinem kommerziellen Anbau führten.

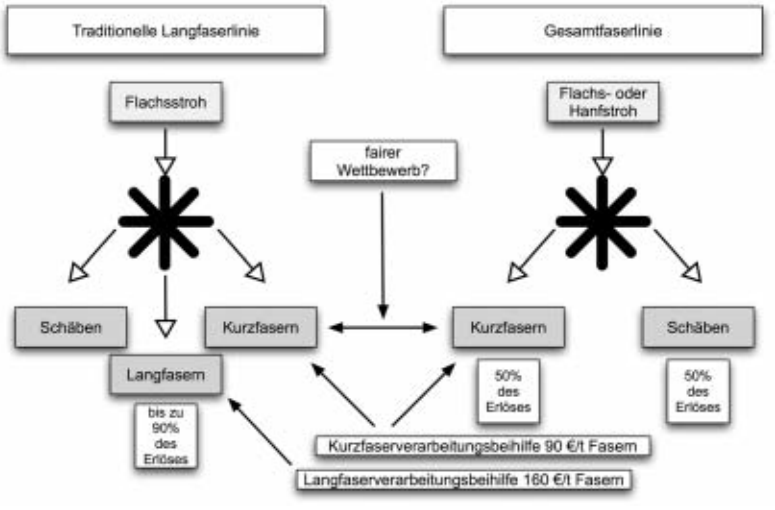
Flachs und Hanf sind dagegen zwei in der EU etablierte Kulturen (Anbau- und Produktionszahlen *siehe Kapitel 1.2 und 1.3*), die heute in unterschiedlicher Weise genutzt, verarbeitet und von Brüssel finanziell unterstützt werden.

3.1.1 Konkurrenz zwischen Flachs und Hanf aus der EU

Abbildung 33 zeigt die unterschiedlichen Verarbeitungslinien für Flachs und Hanf (zur Technik der verschiedenen Faseraufschluss-Konzepte *siehe auch Kapitel 2.4*).

Flachsfasern werden zum allergrößten Teil in der traditionellen Langfaserlinie produziert. Die hierfür verwendete traditionelle Anbau-, Ernte- und Faseraufschlusstechnologie wird in der EU nur noch von Unternehmen in Frankreich, Belgien und in den Niederlanden beherrscht und ist wegen der Feldröste auch an bestimmte klimatische Bedingungen gekoppelt (günstig: hohe Luftfeuchtigkeit wegen Meeresnähe). Zielprodukt ist die hochwertige Flachs-Langfaser, die bis zu 90 % der Wertschöpfung erzielt. Kurzfasern und Flachsschäben sind Nebenprodukte, die nur eine geringe Wertschöpfung erbringen müssen.

Abbildung 33: Verarbeitungslinien Flachs und Hanf sowie Darstellung der Erlöse und Beihilfen



Grafik: nova-Institut 2007

Hanffasern werden fast ausschließlich in sog. Gesamt- oder Wirrfaserlinien produziert; hier ist das Zielprodukt die technische Kurzfaser. Hanfschäben sind zwar Nebenprodukt, erzielen aber aufgrund ihres großen Mengenanteils bei etwa halbem Produktpreis etwa die Hälfte der gesamten Wertschöpfung.

In den 80er und 90er Jahren versuchten Unternehmen in Großbritannien, Deutschland, Österreich und Skandinavien auch Gesamtfaserlinien für Flachs zu realisieren – scheiterten aber u.a. in Konkurrenz zu den Kurzfasern aus der Langfaserlinie und spielen heute keine Rolle mehr.

Zwar ist die Gesamtfaserlinie moderner, effizienter und preiswerter – aber die Langfaser aus der Langfaserlinie erzielt erheblich höhere Preise am Markt, weist dafür aber eine hohe Abhängigkeit von den Importen der chinesischen Textilindustrie auf *(vgl. Kapitel 1.3.1 und 1.3.2).*

Die aktuelle Beihilfesituation, die die Langfaser – trotz erzielbarer höherer Marktpreise – erheblich stärker subventioniert als die Kurzfaser, benachteiligt systematisch die Gesamtfaserlinien. Deren Zielprodukt muss

sich am Markt gegen ein quersubventioniertes Nebenprodukt behaupten. Auf diese Marktverzerrung wurde von verschiedener Seite wiederholt hingewiesen, ohne dass es bislang zu einer Änderung der Regularien gekommen ist *(vgl. Kapitel 6.1.2)*.

So würde eine Reduzierung der Kurzfaserpreise um beispielsweise 15 % für die Flachsfaserproduzenten nur geringe Auswirkungen auf den Gesamtgewinn haben, für Hanffaserproduzenten jedoch mittelfristig das Ende bedeuten. Denn für Letztere ist das Kurzfasergeschäft ungleich bedeutender.

Die positive Seite dieser asymmetrischen Konkurrenzbeziehung ist, dass die Hanfproduzenten die Erschließung neuer Kurzfaser- und Schäbenmärkte engagierter vorantreiben als die Flachsproduzenten mit ihren ähnlichen Konkurrenzprodukten. Während die Flachsfaserwirtschaft Europas relativ hoch subventioniert als Rohstofflieferant für außereuropäische Verarbeiter fungiert, ist die geringer subventionierte Hanffaserwirtschaft ein innovationstreibender Faktor mit praktisch ausschließlich innereuropäischen Absatzmärkten.

Betrachtet man die Anwendungen, so sind die hauptsächlichen Berührungspunkte zwischen Flachs- und Hanf-Kurzfasern als Konkurrenten Spezialpapiere, Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe. Dies sind zugleich auch die einzigen wesentlichen Abatzmärkte für die Hanf-Kurzfaser *(vgl. Tabelle 21)*. Eine Übersicht über die Verwendung von Flachs-Langfasern und -Kurzfasern und ihren Wertschöpfungen findet sich in Kapitel 1.3.1.

Tabelle 21: Prozentuale Verwendung von Flachs- und Hanf-Kurzfasern in verschiedenen Anwendungen

Verwendung von Hanfkurzfasern	Einsatzgebiet	Verwendung von Flachskurzfasern
79,4 %	Spezialzellstoff	34,0 %
9,0 %	Verbundwerkstoffe	22,9 %
	Exporte in Nicht-EU-Länder	34,0 %
	Innereuropäisches Verspinnen	5,6 %
11,3 %	Dämmstoffe	1,5 %
	Geo- und Agrartextilien	1,0 %
	Seile und traditionelle Anwendungen	0,7 %
0,2 %	Andere	0,2 %

Quellen: EIHA 2006a, Ernst & Young 2005

Marktstruktur Flachs

Nahezu die gesamte Weltproduktion an Flachslangfasern wird in wenigen europäischen Ländern realisiert: Frankreich, Belgien, den Niederlanden und Weißrussland – der Faseraufschluss der weißrussischen Fasern erfolgt zumeist in Litauen. Außerhalb Europas fällt nur noch die Flachslangfaserproduktion von China und Ägypten ins Gewicht. In Deutschland, Großbritannien und Österreich existiert trotz vielfältiger Bestrebungen v.a. in den 1980er Jahren keine nennenswerte Flachslangfaserproduktion mehr.

Die Konkurrenz zwischen west- und osteuropäischen Flachsfaseranbietern wird dabei durch inzwischen bestehende Verquickungen in der Eigentümerstruktur abgeschwächt. Die belgische Procotex zum Beispiel hält bedeutende Anteile an der litauischen Linolitas und hat sich zu Gunsten von Linolitas aus dem Flachs-Kurzfaservertrieb zurückgezogen (Douchy 2005).

(Vergleiche in diesem Kontext auch Kapitel 1.3.1 und 1.3.2 sowie 3.2.2.)

Marktstruktur Hanf

Während der Verkauf von Flachsfasern in der Regel über Handelshäuser abgewickelt wird, bestimmen beim Hanf noch die Faserproduzenten das Bild. Aufgrund der geringen Preisspielräume gibt es beim Hanf keine Luft für die Zwischenstufe Handel. Die Versorgungssicherheit kann dennoch über die Zusammenarbeit der Hanfproduzenten gewährleistet werden, die sich in der European Industrial Hemp Association zusammengeschlossen haben (EIHA).

3.1.2 Konkurrenzsituation in den einzelnen Produktlinien

Spezialzellstoffe

Aus Naturfasern wie Abaca, Baumwolle, Kenaf, Flachs und Hanf werden Spezialzellstoffe hergestellt, die sich von Holzzellstoff in ihren Eigenschaften und auch im Preis (etwa Faktor 2 höherer Preis bei Kenaf, Faktor 3 bis 4 bei Hanf und Flachs und bis zum Faktor 6 bei Abaca) abheben (Kaup & Karus 2000). Sie werden für Spezialpapiere wie vor allem Zigarettenpapiere und Banknoten, aber auch Filterpapiere und Hygieneartikel, eingesetzt. Abaca-Fasern kommen insbesondere bei der Herstellung von Teebeuteln zum Einsatz. Die hier erforderliche Nass-Reißfestigkeit liefert keine andere Naturfaser.

In Europa wird der Spezialzellstoff aus Flachs- und Hanffasern fast ausschließlich für Zigarettenpapier hergestellt. Die Produktion findet nur noch in Frankreich und Tschechien statt, meist in geschlossenen Prozessketten vom Anbau bis zum Endprodukt. Nach dem Aus für die letzten Spezialzellstoff-Produzenten in Großbritannien verfügen in der EU nur noch die französischen Produzenten über Anlagen zur Produktion von Zellstoff aus Bastfasern sowie eine Anlage in der Tschechischen Republik. Die Spezialpapier-Industrie stellt eine eigene Branche mit nur wenigen Akteuren dar. Die Produktion ist in den letzten Jahren relativ konstant gewesen, neue Entwicklungen werden kaum erwartet (Kaup & Karus 2000), die Produktion in Tschechien stellt allerdings eine recht neue Aktivität dar, die etwas Bewegung in den Markt bringt.

Die gesamte Flachs- und Hanf-Spezialpapier-Industrie ist sehr stark von den Entscheidungen der weltweiten Tabakkonzerne abhängig. Technisch gesehen müssen Zigarettenpapiere heute nicht mehr aus Flachs- und Hanffasern hergestellt werden, um die Reißfestigkeit bei Feuchtigkeit sicher zu stellen. Hochwertiger Kraft-Zellstoff mit entsprechenden Zusätzen könnte diese Eigenschaften ebenso liefern und dies zu niedrigeren Preisen. Dennoch haben die Tabakkonzerne vor einigen Jahren entschieden, aus Geschmacksgründen weiterhin Flachs und Hanf einzusetzen.

Eine Konkurrenz zwischen Flachs und Hanf gibt es hier kaum. Die großen Tabakkonzerne setzen traditionell Mischungen aus beiden Naturfasern ein, z.B. ca. 20 % Hanf und 80 % Flachs.

(Zum Thema Spezialzellstoffe siehe vertiefend auch Kapitel 4.5.)

Wärmedämmstoffe

Aus praktisch allen Naturfasern können Dämmstoffe hergestellt werden, wenn die Naturfasern fein genug aufgeschlossen werden können. In Deutschland sind vor allem Dämmstoffe aus Hanf, in geringerem Umfang aus Flachs, Baum- und Schafwolle am Markt. Ausführlich beschäftigt sich das Kapitel 4.4 mit diesem Thema.

Bei den Dämmstoffen ist die Konkurrenz zwischen Flachs- und Hanffasern nicht sehr ausgeprägt – manche Dämmstoffunternehmen haben sich für Hanffasern als natürlichen Dämmstoff entschieden, andere für Flachsfasern. Die Faserart wurde bei der Entwicklung der Produktmarke, insbesondere bei der Zertifizierung des Dämmstoffs, fest verankert. Daher kommen für den einzelnen Hersteller kurzfristig keine Wechsel zwischen Hanf- und Flachsfasern oder anderen Naturfasern in Frage.

Für neue Produzenten spielen vor allem Verfügbarkeit geeigneter Qualitäten, Preis und Marketing-Image eine Rolle. Neue Dämmstofflinien in Frankreich setzen vor allem auf Hanffasern aus Frankreich und Großbritannien sowie in geringeren Mengen auf Flachs und Baumwolle (Hobson 2006). Wichtigste Absatzländer sind Frankreich, Großbritannien und Deutschland. Möglich sind aber auch hier Mischungen aus Flachs- und Hanffasern, soweit diese in einer frühen Phase geplant wurden.

Naturfaser-Verbundwerkstoffe – Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)
Im Bereich der Verbundwerkstoffe besteht im Unterschied zu den bereits genannten Anwendungen eine erhebliche Konkurrenzsituation unter den Naturfasern. Grundsätzlich können fast alle Bastfasern sowie einige Blattfasern wie Sisal und Abaca in den meisten NFK-Verfahren gleichermaßen verwendet werden. Besonders beim Spritzgießen sind ihre Eigenschaften hinreichend ähnlich, so dass primär Produktionseinflüsse relevante Qualitätsunterschiede bedingen, nicht aber Unterschiede zwischen den Naturfasern selbst. Beim Formpressen werden oftmals verschiedene Naturfasern für optimale Bauteileigenschaften kombiniert. Dabei sorgen feinere Naturfasern (Flachs, Jute, Kenaf) für eine gute Bindung an die Kunststoffmatrix (durch die große Faseroberfläche), gröbere Naturfasern (Hanf, Sisal) halten hingegen zunächst Zwischenräume im Vlies aufrecht, so dass der Kunststoff gleichmäßig in das Vlies eindringen kann.

Dementsprechend sind Flachs und Hanf sowie die exotischen Naturfasern *(siehe Kapitel 3.2.2)* auf dem Markt für Verbundwerkstoffe beinahe perfekte Substitute. Als solche zählen dann Faktoren beim Einkauf – Preis, Liefersicherheit, Beziehung zwischen Geschäftspartnern etc. – mehr, als die unterschiedliche botanische Herkunft der Fasern.

In der Praxis besteht die Materialauswahl zwischen Flachs und Hanf nicht während der Verhandlungen zwischen Faserhändler und Vliesleger, sondern die Entscheidung ist fast immer schon auf einer späteren Wertschöpfungsstufe gefallen: Sie wird zumeist auf der Ebene der Tier-One-Supplier getroffen, die direkt an die Automobilkonzerne („OEMs“) liefern (Hinrichs 2006).

Die Entscheidung der Tier-One-Supplier für die eine oder andere Naturfaser hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, so auch von den Marketingaktivitäten der Faserhändler. Hier stehen die größeren Handelsstrukturen bei Jute, Kenaf, Sisal und auch Flachs den eher klein strukturierten Hanfunternehmen gegenüber.

(Weitere Ausführungen zum Thema NFK finden sich in Kapitel 4.1 – 4.3.)

Weitere Technische Textilien

Für Deutschland von gewisser Bedeutung ist noch die Produktion von Kresse-Anzuchtfilzen. Hier kommen Mischungen aus Flachs- und Hanffasern zum Zuge, *siehe Kapitel 4.6.*

(Bekleidungs-)Textilien

In Deutschland gibt es heute keine relevanten Unternehmen mehr, die Flachs- und Hanffasern in der textilen Kette „Hochwertige Naturfasern → Spinnen → Weben → Konfektionieren" für die Bekleidungsindustrie verarbeiten. Sämtliche Aktivitäten beschränken sich heute auf Import und Handel (z.B. aus China oder Rumänien) oder hochwertige Kleinstproduktionen, letztere jedoch nur beim Flachs.

Dies liegt zum einen am generellen Rückgang der deutschen Textilindustrie und speziell dem Aufgeben der traditionellen Langfaserspinnereien (Rotorspinnen). Außerdem ist es sehr aufwändig und teuer, die Flachsfaserqualitäten zu produzieren, die in Belgien und Frankreich Standard sind.

(Mehr zum Thema Textilien in den Kapiteln 4.7, 1.3.1 und 1.3.2 sowie 3.2.2.)

3.1.3 Preissituation und -entwicklung für technische Kurzfasern in Europa

Flachs- und Hanfkurzfasern lassen sich in vielen Anwendungen technisch untereinander und mit weiteren Naturfasern substituieren. Deshalb sind ihre Preisentwicklungen nicht voneinander unabhängig.

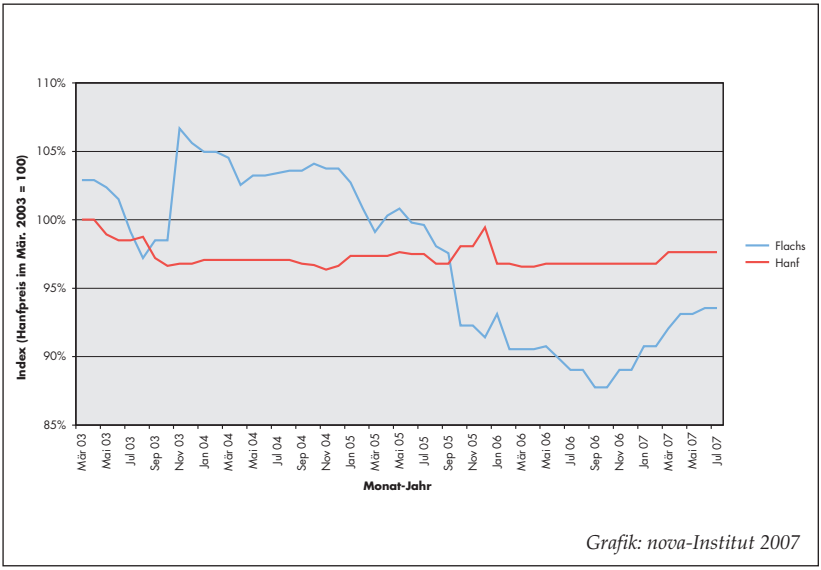
Die Nachfrage nach Flachsfasern aus der Textilindustrie ist der bedeutendste Einflussfaktor auf die Flachsfaserpreise. Im Zuge einer Flachs-Modewelle kam es in der Vergangenheit stets zu erheblichen Preissteigerungen für Flachs-Langfasern und zu einem gestiegenen Bedarf auch nach Flachs-Kurzfasern, der sich auf den Preis auswirkte. Dies liegt auch daran, dass in Zeiten einer Flachsmode auch kotonisierte Flachskurzfasern verstärkt für Bekleidungstextilien genutzt werden.

Ferner sind die jährlich unterschiedlich ausfallenden Ernteergebnisse (Menge und Qualität) *(siehe Kapitel 1.3.1)* und die Nachfrage der Automobil- und Dämmstoffindustrien nach Kurzfasern wesentliche Einflussfaktoren. Hier spielt auch die Konkurrenzsituation zu exotischen Naturfasern wie Jute und Kenaf eine wichtige Rolle *(siehe Kapitel 3.2)*.

In den Jahren 2003 bis 2007 hat das nova-Institut fortlaufend die Preisentwicklung für Flachs- und Hanfkurzfasern – die Qualität für Non-woven-Matten zur Verwendung in der Automobilindustrie – bei den führenden Faserhändlern und -produzenten erhoben. Es ließ sich eine enorme Preisstabilität der Hanfkurzfasern feststellen. Der Preis war fixiert durch die Preise der Konkurrenzfasern auf der einen und die schmalen Margen auf der anderen Seite.

Eine Flachsmodewelle gab es in diesem Zeitraum nicht zu beobachten – stattdessen gab der Flachspreis nach. Dies lässt sich auf ein starkes Mengenangebot bei Flachs und den Preisdruck durch engagierte Jutehändler erklären. Der Anstieg der Flachspreise seit Anfang 2007 resultiert aus einer Angebotsverknappung infolge reduzierter Anbauflächen (Überproduktion in den Vorjahren und zu geringe Deckungsbeiträge in Konkurrenz zu Energiemais) und niedriger Ernteerträge (ungünstige Witterung).

Abbildung 34: Index für die durchschnittlichen Preise von Flachs- und Hanf-Kurzfasern für technische Anwendungen in Deutschland seit 2003



Grafik: nova-Institut 2007

Die Stabilität der Hanffaserpreise hängt auch damit zusammen, dass die Hanffaserhändler ihre Fasern zu erheblichen Mengen an die Dämm-

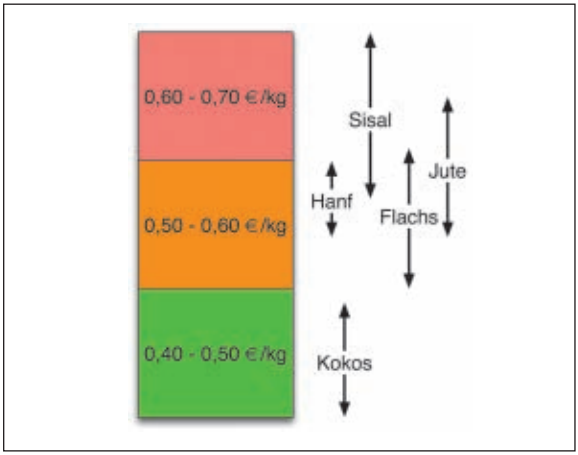
stoffwirtschaft abgesetzt haben *(siehe Kapitel 1.3.1 und 1.3.2)*, statt mit Preisnachlässen und vollem Einsatz um den Fasermarkt für Non-wovens im Automobilbereich zu kämpfen.

Preisänderungen im Non-woven-Sektor haben nur sehr zeitverzögert einen Einfluss auf die Materialauswahl der Automobilindustrie: Das Wissen um Änderungen der relativen Günstigkeit von Flachs- und Hanffasern muss über mehrere Kontakte zu den Entscheidungsträgern in der Automobilindustrie durchdringen, um wirksam zu werden. Und auch dann sind die Werkstoffe und ihre Rohstoffe für mehrere Jahre fest ausgewählt und Faserpreisänderungen müssen aufgrund lang laufender Verträge mit den Automobilbauern von den Zulieferern „verkraftet" werden. Erst für neue Serien werden die Naturfaserpreise dann neu verhandelt.

Die Preislagen der Naturfasern unterscheiden sich trotz der teilweisen Austauschbarkeit der Bastfasern Flachs, Hanf, Jute, Kenaf und Sisal. Neben den eigentlichen Fasereigenschaften beeinflussen weitere Faktoren die Preislage, wie z.B. die Liefersicherheit und Strategien der Händler.

So gibt es z.B. im Flachsmarkt kleine, eher opportunistische Händler mit sehr unstetigem Umsatz, die nach Gelegenheiten für hohe Preise Ausschau halten und solche, die langjährig in Menge, Qualität und Preis konstante Geschäfte mit Dauerkunden anstreben.

Abbildung 35: Preislagen von kurzen technischen Naturfasern, Sommer 2007 (passende Qualität für automobile Anwendungen)



Quelle: Müssig & Carus 2007

Die Grafik zeigt typische Preisbandbreiten für die genannten Naturfasern bei Kaufabschlüssen Anfang 2007. Am preiswertesten sind Kokosfasern, die von ihrem Eigenschaftsprofil her nicht mit den anderen Naturfasern konkurrieren und im Bereich der Verbundwerkstoffe keine Rolle spielen (außer bei hochwertigen Autositzen).

In den letzten Jahren sind die Weltmarktpreise für Jute und Sisal deutlich angestiegen *(siehe Kapitel 3.2.3)*, so dass die in Europa produzierten Flachs- und Hanf-Kurzfasern derzeit voll konkurrenzfähig sind – zumindest bei den aktuellen ökonomischen Rahmenbedingungen. Neben der in der EU auslaufenden Flächenbeihilfe, die aktuell praktisch alle Kulturpflanzen erhalten, bekommen die Produzenten von Flachs- und Hanf-Kurzfasern noch eine zusätzliche Verarbeitungsbeihilfe in Höhe von 0,09 €/kg *(vgl. Kapitel 3.1.1 und Kapitel 6.1.2)*. Statt 0,50 – 0,60 €/kg lägen die Faserpreise ohne diese Verarbeitungsbeihilfe bei ca. 0,60 – 0,70 €/kg, also am oberen Ende der aktuellen Preisskala und damit über den Preisen für die Leitfaser Jute. Sollten sich die Weltmarktpreise auf dem oberen Niveau stabilisieren oder noch weiter steigen, so könnten europäische Naturfasern mittelfristig auch ohne die Verarbeitungsbeihilfe produziert und konkurrenzfähig angeboten werden.

Flachslangfasern

Flachslangfasern werden für die Textilindustrie hergestellt und sind ein hochwertiges Produkt – der Preis lag lange Zeit durchschnittlich um 1,60 €/kg (Ernst & Young 2005), fiel jedoch im Jahr 2006 auf durchschnittlich 1,40 – 1,50 €/kg für gute Qualitäten. Je nach Qualität kann der Preis bis auf 1,00 €/kg fallen (dies ist auch für mindere Qualitäten die Schmerzgrenze) oder bis zu 2,00 €/kg steigen. (Karus 2006a)

Die genannten Durchschnittspreise sind großen Schwankungen infolge wechselnder Nachfrage unterworfen. Zudem bedeuten schlechte Flachsernten wie im Jahre 2006 eine schlechte Ausbeute an Flachslangfasern, ohne jedoch zu großen Einbußen bei den Kurzfasern zu führen. Wenn eine eher geringe Produktion von Flachslangfasern mit einer starken Nachfrage und/oder geringen Lagerbeständen zusammenfällt, so führt das stets zu hohen Langfaserpreisen.

Manchmal beeinflussen chinesische Importeure die Preise für europäische Flachslang- und Flachskurzfasern aber auch einfach durch eine „Stop & Go"-Einkaufstaktik, bei der sie wie zum Jahreswechsel 2005/2006 einige Monate mit Verweis auf vermeintlich volle eigene Lager kaum noch

einkauften und so den Preis zum Sinken brachten. Später kam es dann zu einem Stop der Flachsfaserkäufe, um politischen Druck auf die geplanten Verschärfungen der Textilimporte in die EU auszuüben. Da gerade kleinere Flachsproduzenten auf die regelmäßigen Einnahmen angewiesen sind, kam es hier zu einem weiteren Verfall der Flachspreise.

Gute Flachsernten führen dabei auch stets zu einem Verfall der Preise für Flachslangfasern, da die Nachfrage aus China relativ konstant ist, sich jedenfalls nicht wegen einer guten Ernte in Europa erhöht (*siehe auch Kapitel 1.3.1).*

3.2 Wettbewerbssituation zu exotischen Naturfasern aus Übersee

3.2.1 Anbauflächen und Produktion

Die Weltkarte zeigt die Haupt-Handelsströme für Naturfasern, allerdings ohne Darstellung der Cotton-(Baumwolle-)Handelsströme. Gelb unterlegte Länder erzeugen laut FAOSTAT-Daten (FAOSTAT 2006) mehr als 1.000 t solche Naturfasern jährlich.

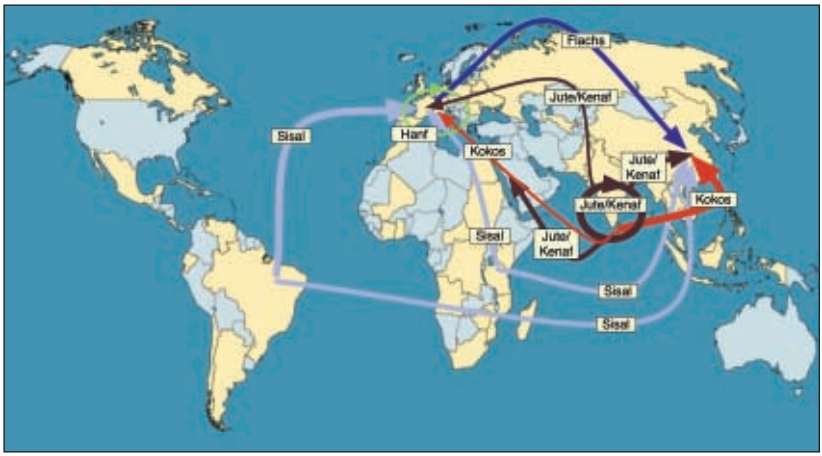
Naturfasern werden in fast allen Ländern der Welt angebaut und verarbeitet. Trotz der weiten Verbreitung sind mit Südasien, Ostasien und China, Mittel- und Osteuropa, Ostafrika und Brasilien Schwerpunkte in der Naturfaserproduktion erkennbar. *(siehe Abbildung 36)*

Hanf- und Jutefasern werden jeweils hauptsächlich für den Bedarf in der eigenen Region produziert, wohingegen Coir (Kokosfasern), Flachslangfasern und Sisalfasern vorrangig Exportprodukte für ferne Märkte sind.

Im Vergleich mit den exotischen Naturfasern erscheinen die in Europa angebauten und produzierten Mengen sehr marginal. Vor allem Jute dominiert den Weltmarkt. Die Anbauflächen wie auch die produzierten Fasermengen von Jute und Jute-ähnlichen Fasern entsprechen etwa der aufaddierten Fläche und Menge aller anderen Naturfasern zusammen.

Grundsätzlich ist daher bei Naturfasern eine hohe Versorgungssicherheit gegeben, denn geografisch, klimatisch und politisch unterscheiden sich die Anbauregionen erheblich. Ziel der Produzenten muss es daher sein, sich nicht zu sehr auf eine spezielle Faser oder eine Anbauregion

Abbildung 36: Wichtigste Welthandelsbeziehungen bei Naturfasern (ohne Handelsströme von Baumwolle)



Quelle: Karus et al. 2006b

festzulegen, jedoch ist der Wechsel mit mehr oder weniger aufwändigen Umstellungen an den Applikationen verbunden, da die Eigenschaften der Naturfasern doch teilweise variieren können.

Tabelle 22: Anbau und Produktion von Naturfasern weltweit, 2005 (ohne Baumwolle und Wolle)

Faserpflanzen	Anbaufläche in ha	Produktion in t	Hauptanbaugebiete
Jute (*)	1.343.620	2.859.105	Indien, Bangladesch
Flachs (*)	504.995	770.467	Europa, China
Sisal (**)	375.687	315.573	Brasilien, Tansania, Kenia
Jute-ähnliche (*) (Kenaf et al.)	296.241	382.581	Indien, Bangladesch
Abaca (**)	146.630	100.457	Philippinen, Ecuador
Hanf (*)	52.307	67.818	China, Europa
Kokosfasern (***)	nur Nebenprodukt	398.600	Indien, Sri Lanka

(*): Bastfasern (**): Blattfasern (***): Fruchtfasern

Quellen: FAOSTAT 2006, FAO 2006

3.2.2 Anwendungen

Jute

Jute ist nach Baumwolle die weltweit wichtigste Naturfaser überhaupt. Die Hauptanbaugebiete liegen in Indien und Bangladesch. Aufgrund der Ähnlichkeit fließen in Jute-Statistiken häufig Jute-ähnliche Faserpflanzen wie Kenaf mit ein. Die jährliche Produktionsmenge von Fasern aus diesen Pflanzen liegt weltweit bei insgesamt über drei Millionen Tonnen (FAOSTAT 2006).

Jute wird zum größten Teil für Säcke (Reis-, Getreide-, Zucker- und Kaffeesäcke in Asien) und Verpackungen, für Gewebe, Garne und Seile verwendet. Verbundwerkstoffe sind nur eine verhältnismäßig unbedeutende Anwendung für Jutefasern, aber Juteexperten aus Südasien setzen einige Hoffnungen darauf, dass sich dieser Markt stark entwickeln wird (Karus 2005).

Die meisten dieser Anwendungen stehen in direktem Wettbewerb zu synthetischen Produkten, wie z.B. gewebten PP-Säcken. Daher wächst mit steigenden Erdöl- und Kunststoffpreisen die Nachfrage nach Jutefasern und damit auch ihr Preis.

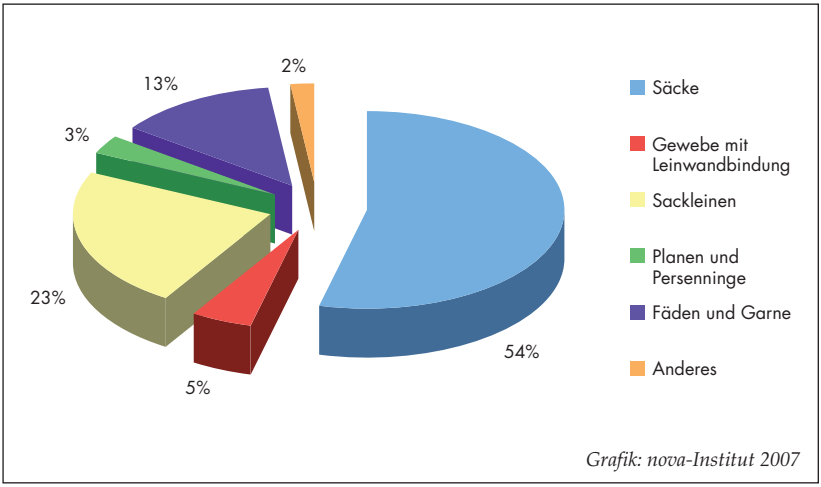
Interessanterweise ist auf dem Markt der Transportsäcke eine Wende zu beobachten. Waren viele Jahre gewebte PP-Säcke deutlich preiswerter und haben zunehmend den traditionellen Jutesack verdrängt, so hat sich dieser Trend aufgrund der hohen PP-Preise umgekehrt. Heute sind PP- und Jutesäcke etwa gleich teuer und die Jutesäcke erobern verlorene Marktanteile zurück (Karus 2005 und FAO 2006). Die indische Regierung hat im Jahr 2007 für bestimmte Verpackungen sogar Kunststoffsäcke verboten und damit den Juteverpackungen weitere Märkte zugespielt *(siehe Kasten nach Kapitel 3.2.4)*.

Da die Jute mengenmäßig alle technisch genutzten Naturfasern dominiert, beeinflusst der Jutepreis maßgeblich die Preise der anderen Naturfasern.

Sisal

Sisalfasern werden aus den Blättern der mehrjährigen Sisalpflanze gewonnen. Der wichtigste Produzent ist Brasilien, aber auch Tansania, Kenia und China betreiben große Sisal-Plantagen. Insgesamt werden jährlich ca. 300.000 t Sisalfasern (inkl. Henequen etc.) erzeugt (FAOSTAT 2006). Der größte Teil dieser Produkte wird in der Landwirtschaft eingesetzt (ca. 1/3).

Abbildung 37: Die Anwendungen von Jutefasern in Indien



Quelle: Franck 2005

Bergbau, Forst und Metall verarbeitende Industrie (Sisal als Poliermittel) verbrauchen zusammen etwa ein Viertel, die gleiche Menge wird zu Bodenbelägen oder im Baubereich verarbeitet. Der verbleibende Rest dient der Erzeugung von hochwertigen Papieren oder dem Einsatz in Verbundwerkstoffen. Gerade die Stoffströme in die Papierindustrie schwanken sehr stark, da sie allein über das Preisverhältnis zu alternativen Cellulose-Rohstoffen gesteuert werden.

Besonders der Einsatz als Metall-Polierfasern könnte zukünftig ein wichtiger Wachstumsmarkt sein: Durch die stark zunehmende chinesische Produktion von Metallteilen und Metallgehäusen ist dort der Bedarf an Poliermittel erheblich angestiegen und wächst weiterhin. Da sich die Fasern beim Polieren abnutzen, gibt es einen hohen Durchsatz an Fasern. Sisalfasern eignen sich zum Metallpolieren besonders gut, besser als andere Naturfasern, und haben in dieser Anwendung zum Teil Baumwolle substituieren können.

Die Sisal-Produktion lässt sich nicht so schnell erweitern, wie dies bei einjährigen Pflanzen möglich ist, denn die Pflanzen benötigen einige Jahre bis zur ersten Ernte der Blätter. Diese Plantagenwirtschaft setzt zudem größere Finanzmittel und eine damit verbundene Abnahmegarantie voraus.

Flachs und Hanf aus China

China ist ein sehr bedeutendes Anbau- und Produktionsland für Flachs und Hanf, tritt jedoch aufgrund seines großen Eigenbedarfs in der Textil- und neuerdings auch in der Automobilindustrie kaum als Naturfaser-Exporteur, sondern eher als Naturfaser-Importeur auf, der Fasern aus Asien, Afrika und Europa in großen Mengen importiert.

Die chinesischen Flachslangfasern genügen weder in Menge noch in Qualität dem Bedarf der chinesischen Spinnereien, so dass europäische Flachslangfasern in großen Mengen importiert und mit heimischen Fasern gemischt verarbeitet werden. Jährlich importieren die etwa 90 Flachsspinnereien in China etwa 80.000 t Flachslangfasern aus Europa und vermischen diese mit etwa 30.000 t Eigenproduktion. Letztendlich werden dann die fertigen, hochwertigen Flachstextilien auf den Märkten in Europa, USA und zunehmend Asien angeboten. (Van der Bilt 2006)

Anfang 2007 zahlen die Chinesen etwa 1,20 €/kg Flachslangfaser, was aber an sich zu wenig ist. Ein realistischer Preis wäre 1,80 €/kg. Aufgrund des Überangebots an europäischem Flachs und des Preisdrucks durch Supermärkte in den USA und der EU auf die chinesische Textilindustrie, kommen diese niedrigen Preise zustande. Inzwischen gibt es kein Überangebot mehr, sondern eher Mangel, so dass die Flachspreise wieder steigen. (Renault 2007).

Es mag sein, dass die chinesische Flachsfaserwirtschaft aufgrund des Investitionsaufwandes, der Flächenknappheit und der leichten Verfügbarkeit von hochwertigen, EU-subventionierten Importfasern davon absieht, sich von Importen zu emanzipieren oder gar eine Nettoexporteur-Stellung einzunehmen. Andererseits sind aber Informationen aus China spärlich und wenig verlässlich, so dass über den genauen Kurs der chinesischen Naturfaserindustrie wenig bekannt ist.

(Mehr zu Flachs und China in Kapiteln 1.3.1 und 1.3.2 sowie 4.7.1.)

Eine Besonderheit der chinesischen Naturfaserwirtschaft sind kotonisierte Hanffasern. Dies sind enzymatisch oder chemisch aufgeschlossene Hanffasern, welche zur Herstellung von Rotor-gesponnenen Garnen geeignet sind und vor allem für die Produktion von Hanf-T-Shirts verwendet werden. Die kotonisierten Hanffasern werden auch exportiert, die Preise liegen je nach Qualität bei einigen Euro pro Kilo, also über den Preisen für Baumwolle oder auch Flachslangfasern.

(Mehr zu Hanf und China in Kapiteln 1.3.1 und 4.7.2.)

Sonstige Naturfasern

Unter den sonstigen Naturfasern sind vor allem Abaca (ca. 100.000 t/a aus den Philippinen und Ecuador) sowie Kapok und Ramie zu nennen. Auch Kokosfasern (ca. 400.000 t/a) dürfen nicht unerwähnt bleiben. Das Besondere an Kokosfasern ist, dass diese aus den Abfällen der Kopra-(Kokos-Fruchtfleisch)-Produktion stammen. Dieses Abfallprodukt wird jedoch nur in wenigen Ländern (v.a. Sri Lanka) überhaupt stofflich genutzt, und selbst dort nur teilweise. Die normale Verwendung ist die Verbrennung für Prozesswärme der Kopra-Produktion. Die Kokosfaserproduktion ließe sich deshalb vervielfachen, ohne die Anbaufläche steigern zu müssen.

Kapok und Kokosfasern sind von ihrem Eigenschaftsprofil anders als Bastfasern und werden nicht in den üblichen Naturfaser-Verbundwerkstoffen eingesetzt. Kokosfasern werden in Deutschland in Kombination mit Latex in einem Pressverfahren zu hochwertigen Automobilsitzen verarbeitet.

Ramie und Abaca können ähnlich wie Flachs und Hanf verwendet werden, werden aber vorrangig in ihren Herkunftsländern verarbeitet und treten somit kaum in Wettbewerb zu Flachs und Hanf.

Eine umfassende Übersicht über Eigenschaften, Anwendungen, Märkten und Preisen aller Naturfasern findet sich unter Franck 2005.

3.2.3 Preisentwicklung Naturfasern von 2000 bis heute

Die verschiedenen Naturfasern wiesen in den letzten Jahren unterschiedliche Preisverläufe auf. Als Gesamttrend erkennt man in Abbildung 38, dass von 2000 bis Ende 2003 die Preise für alle Naturfaser nachgegeben haben. Erst mit dem anziehenden Erdölpreis und wachsender Nachfrage nach Naturfasern vor allem aus China, sind die Preise ab 2004 wieder angezogen, besonders deutlich für Jute und Sisal.

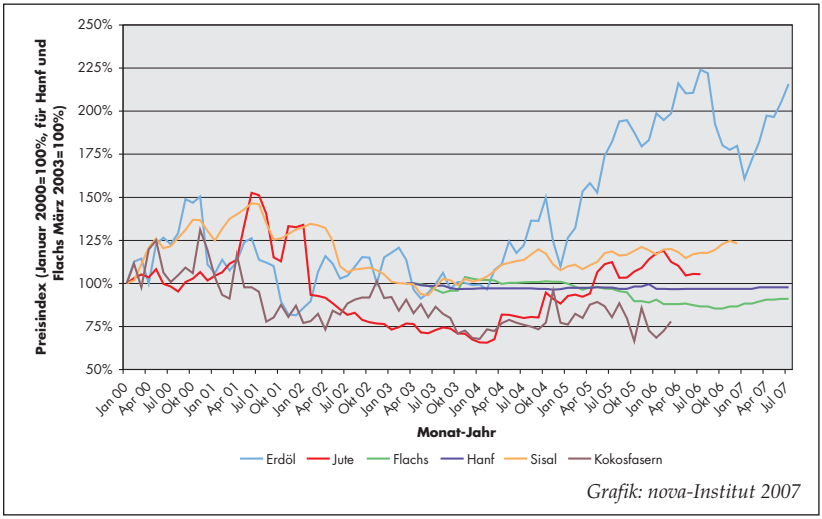
Die vor allem aus Europa stammenden Flachs- und Hanffasern zeigen seit 2003 sehr stabile, Flachs sogar fallende und erst wieder in 2007 steigende Preise. Inflationsbereinigt sind auch die Preise von Hanffasern gesunken. Ähnlich sieht es bei der Kokosfaser aus, die zwar monatlich stark schwankt, aber über die Jahre auch sehr preisstabil ist.

Anders verhält es sich bei Jute (inkl. Kenaf) und Sisal, die aufgrund der gestiegenen Nachfrage über die letzten Jahre steigende Weltmarktpreise erzielen konnten. Ausschlaggebend ist dabei vor allem die Nachfrage aus

China, dessen eigene NF-Produktion nicht mit dem rasant fortschreitenden Wirtschaftswachstum Schritt halten kann. Speziell die Steigerungsrate von Jute liegt seit Anfang 2004 recht nahe bei der von Erdöl. Dies ist aus den Verwendungsmöglichkeiten, die stark mit erdölbasierten Produkten konkurrieren, zu erklären: Steigt deren Preis, steigt auch die Nachfrage nach Alternativen, also nach Jute, die dann ebenfalls den Preis anziehen kann, vor allem, da die Produktion nicht derart schnell gesteigert werden kann.

Von Anfang 2004 bis Mitte 2006 lag der Anstieg für Jute und Sisal höher als der Anstieg des allgemeinen Agrar-Preisindex. Während ab Mitte 2006 der Jutepreis wieder leicht nachgab, sind die Preise von Sisal weiter gestiegen, wenn auch langsamer als der Erdölpreis.

Abbildung 38: Preisentwicklung von Naturfasern und Erdöl von 2000 bis 2007[44]



Grafik: nova-Institut 2007

Quellen: FAO 2007, nova-Institut 2007, Weltbank 2007, Kunststoff Information 2007

44 *Hinweis: Die Hanf- und Flachspreiskurven wurden von €/t ausgehend und Jute-, Kokos- und Sisalpreiskurven von US-$/t ausgehend indiziert.*

Saisonale Ereignisse, wie beispielsweise Missernten, können kurzfristig den Preis von Naturfasern ansteigen lassen, dies um so mehr, wenn sich der Anbau auf kleine Regionen konzentriert. So ist beispielsweise in diesem Jahr mit einem Preisanstieg von bis zu 20 % bei Abaca zu rechnen (Scherübl 2006). Abaca wird in wirtschaftlich relevantem Maße fast ausschließlich auf den Philippinen und Ecuador kultiviert.

Die mittel- und langfristige Preisbildung stellt sich sehr komplex dar. Zwar fixieren lang laufende Lieferverträge den Preis für Jute als wichtigste Naturfaser europäischer Händler, in Asien schwanken die Exportpreise jedoch erheblich – die letzten Jahre mit Tendenz nach oben. Die Preise in Europa werden also zukünftig bei Neuverhandlung nachziehen, bereits Anfang 2006 begann der Jutepreis für Non-wovens schon um ca. 5 – 10 % zu steigen.

Bei steigenden Preisen konventioneller Rohstoffe ist es nur verständlich, wenn Naturfaserhändler nachziehen – natürlich nur soweit, dass ein Wechsel zu ihren Produkten weiterhin attraktiv bleibt. Bei fallenden Preisen nicht nachwachsender Rohstoffe sind die Naturfasern an die relativ hohen Produktionskosten als untere Grenze der Wirtschaftlichkeit gebunden. Aus diesem Grunde waren und sind sie in vielen technisch realisierbaren Anwendungen nicht wettbewerbsfähig. Die Situation für naturfaserverstärkte Kunststoffe im Vergleich zu erdölbasierten Kunststoffen wird in Kapitel 4.1 detailliert dargestellt.

In der Regel folgen der Preisentwicklung von Jute auch andere Naturfasern, speziell Kenaf und Flachskurzfasern; die europäische Hanffaser wiederum passt sich letzteren an.

3.2.4 Fazit

Für Jute ist der technische Textilmarkt (keine Bekleidungstextilien und keine Non-wovens) sehr dominant, daher sind prinzipiell die Überschneidungen mit Flachs und Hanf gering. Nur in Bezug auf den kleinen Markt der Verbundwerkstoffe stellt die Jute einen erheblichen Wettbewerber dar – und dies besonders, da vor allem die Bastfasern Flachs, Hanf, Jute und Kenaf untereinander technisch weitgehend problemlos substituierbar sind.

Sisal mit seinen langen, groben Blattfasern ist hingegen nur bedingt als ein Substitut zu Flachs- oder Hanffasern zu sehen, kommt jedoch bei entsprechender prozesstechnischer Handhabung für dieselben Verbund-

werkstoff-Anwendungen in Frage, insbesondere in Mischungen mit feineren Fasern.

Die Papierindustrie wird sich primär für den billigsten, vor Ort verfügbaren Rohstoff entscheiden, hier ist wenig Konkurrenz aus Übersee zu befürchten. Hinzu kommt, dass im Spezialzellstoffmarkt oft bestimmte Naturfasern aus Tradition verwendet werden, z.B. Flachs und Hanf für Zigarettenpapier in Europa, Abaca für philippinische Geldscheine.

Als ein wesentlicher Faktor ist die Preisentwicklung von ölbasierten Standardkunststoffen (und von Glasfaser) zu sehen: Sie bestimmen in fast allen Anwendungen die Obergrenze dessen, was die Abnehmer für alternative Rohstoffe zu zahlen bereit sind. *(Vgl. Kapitel 6.2.1)*

Steigende Preise für die Leitfaser Jute und die Nummer Zwei Sisal bringen tendenziell etwas Entspannung in die engen Kalkulationen europäischer Produzenten. Chancen und Marktpotenziale europäischer Flachs- und Hanfkurzfasern steigen damit. Setzt sich der Trend fort, werden europäische Naturfasern auf Dauer keine speziellen Subventionen mehr benötigen, um auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig zu sein.

Weltweit wachsende Nachfrage nach Naturfasern

Steigende Preise für exotische Naturfasern, stabile Preise bei europäischen Naturfasern

Nach viertägigen Konsultationen und Beratungen bei der FAO (www.fao.org) in Rom (30. Januar bis 2. Februar 2007), an denen mehr als 50 Vertreter von Ländern und Verbänden sowie Produzenten und Händler teilnahmen, ergab sich ein klares Bild von den weltweiten Marktentwicklungen bei Naturfasern. Die Trends der letzten drei Jahre setzen sich fort: Weiterhin eine Nachfrage auf hohem Niveau, steigende Produktions- und Absatzmengen sowie je nach Naturfaser stabile bis weiter steigende Preise.

Flachs, Hanf und Kokosfasern

Dauerhaft stabile Preise – dies bedeutet inflationsbereinigt sogar leicht fallenden Preise – zeigen neben den europäischen Naturfasern Flachs und Hanf lediglich Kokosfasern. Die Gründe hierfür sind leicht zu verstehen. Während europäische Naturfasern auf den globalen Märkten einen nur sehr geringen Spielraum für Preissteigerungen haben, werden bei Kokosfasern, die ein Nebenprodukt der Kokosnuss-Lebensmittelproduktion darstellen, nach wie vor nur geringe Mengen der anfallenden Fasern tatsächlich genutzt. Steigende Nachfrage kann daher leicht, ohne neue Anbauflächen und ohne Preissteigerungen befriedigt werden.

Jute
Jutefasern, die mengenmäßig nach Baumwolle weltweit wichtigsten Naturfasern, haben nach drei Jahren deutlicher Preissteigerungen in 2006 stabile Preise gezeigt. Da die Nachfrage weiter wächst, werden in 2007 tendenziell wieder steigende Preise erwartet.

Sisal und Abaca
Bei Sisal und Abaca haben sich in 2006 die Preissteigerungen der letzten drei Jahre fortgesetzt. Da die Nachfrage weiter wächst, werden für beiden Pflanzen die Anbauflächen erweitert und der Ertrag pro Hektar gesteigert. Gleichzeitig werden neue Anwendungsbereiche wie Geotextilien, Möbel und Verbundwerkstoffe erschlossen.

Weltweites Wirtschaftswachstum und Rohstoffwende
Die weltweit wachsende Nachfrage nach Naturfasern wird vor allem von zwei Faktoren getrieben. Zum einen vom allgemeinen Wirtschaftswachstum und insbesondere dem Wirtschaftswachstum in China. So benötigt China z.B. stetig wachsende Mengen an Sisalfasern zum Polieren von Metalloberflächen.
Zum anderen profitieren Naturfasern wie auch andere nachwachsende Rohstoffe bereits von der „Rohstoffwende" (www.rohstoffwende.de). So finden Sisal-Bindegarne in Nordamerika bereits wieder zunehmend Einsatz im Agrarbereich, wo sie synthetische Bindegarne ersetzen; die Erschließung der europäischen Märkte soll bald folgen. Ähnliches geschieht im Bereich der Teppichrücken; hier sind es vor allem Jute- und Kokosfasern, die beginnen, verlorene Marktanteile zurück zu erobern. In beiden Fällen ist der absolute Marktanteil noch sehr gering, aber wachsend. Anders im Verpackungsbereich: Hier gibt es Länder wie Indien, die seit kurzem bei Verpackungssäcken für Zucker und andere Lebensmittel Jutesäcke sogar gesetzlich vorschreiben. Aktuell klagt zwar die indische Kunststoffindustrie noch gegen die neuen Gesetze, Vertreter der indischen Regierung zeigten sich in Rom jedoch zuversichtlich, dass die neuen Gesetze Bestand haben werden.

Neue Technologien und fallender Mehrwert von Zwischenhändlern
Diskussionen am Rande der Sitzungen zeigten zwei interessante internationale Trends. Jahrzehnte lang wurden die Naturfaserexporte aus den produzierenden Ländern von – vor allem – europäischen Naturfaserhändlern organisiert und kontrolliert. Diese Handelsstrukturen sind eindeutig auf dem Rückzug. Infolge der Globalisierung, der Nutzung von Internet und E-Mail-Kommunikation, fallenden Sprachbarrieren durch die Weltsprache Englisch und immer einfacheren und preiswerteren Reisemöglichkeiten, entstehen zunehmend mehr Direktkontakte zwischen Naturfaserproduzenten und Endabnehmern in Europa, Nordamerika und Japan. Zwischenhändler haben einen immer geringeren Mehrwert und werden umgangen.
Die Folge ist aber nicht nur, dass die Produzenten so besseren Margen erzielen können, sondern auch, dass nun auch erheblich mehr Innovationen stattfinden, die in den alten Handelsstrukturen eher behindert wurden. Erst wenn die Produzenten wissen, was die Endabnehmer mit ihren Rohstoffen und Produkten machen, wie die Prozesse beim Endabnehmer im Detail aussehen, können sie ihrerseits ihre Produktionsprozesse anpassen, optimieren und auch neue Techniken einsetzen, um die gewünschten Qualitäten effizienter zu produzieren und neue Anwendungen zu erschließen. Hierdurch entsteht ein erheblicher Innovationsschub, der sich aktuell in steigenden Investitio-

nen in neue Ernte- und Aufschlusstechniken niederschlägt. Dies ist auch dringend erforderlich, um in der Konkurrenz zu multinationalen Chemie- und Kunststoffunternehmen und ihren Rohstoffen bestehen zu können. Steigende Kunststoffpreise und steigende Naturfaserpreise unterstützen diesen Prozess, eröffnen ganz neue Möglichkeiten und geben zunehmend Spielraum für neue Investitionen.
Ein Beispiel sind Verbundwerkstoffe wie naturfaserverstärkte Kunststoffe. Es zeigt sich immer mehr, dass es ökonomisch wenig Sinn macht, aufwändige Langfasern zu produzieren, wie sie für Seile, Bindfäden und Garne erforderlich sind, und diese dann für die neuen technische Anwendungen im späteren Prozess einzukürzen. Immer mehr Projekte zielen nun darauf, auch in Asien, Afrika und Südamerika preiswerte Kurzfasern für diese neuen Anwendungen zu produzieren. Hierbei wird intensiv auf die Forschungsergebnisse aus der EU und Nordamerika zurückgegriffen.
Zunehmend werden außerdem auch die Koppel- und Nebenprodukte wertschöpfend genutzt, z.B. Abaca-Enzyme in Kosmetika oder Reste der Sisalproduktion in Biogasanlagen.

Neue Chancen für europäische Naturfasern?
Auf der einen Seite geben die anhaltenden Preissteigerungen für exotische Naturfasern Spielraum für die Preise europäischer Naturfasern, die dringend benötigt werden, um mittel- und langfristig bei sinkenden Agrarsubventionen am Markt bestehen zu können.
Auf der anderen Seite sind die exotischen Naturfasern nach jahrzehntelangem technischem Stillstand erwacht und treiben nun technische Innovationen voran, wobei sie von internationalen Organisationen wie FAO und CFC (Common Fund for Commodities), aber auch von ihren nationalen Regierungen unterstützt werden. Gleichzeitig fallen zunehmen die Zwischenhändler weg. Beides wird den europäischen Naturfaserproduzenten das Leben ökonomisch erschweren.

Ausblick
Nach jahrzehntlangem technologischem Stillstand und zunehmender Verdrängung durch synthetische Produkte erleben Naturfasern nun weltweit eine Renaissance. Weiter steigende Energie- und Kunststoffpreise sowie Investitionen in neue Technologien und die Erschließung neuer Anwendungsfelder beschleunigen diesen Trend. Welche Rolle dabei zukünftig europäische Naturfasern wie Flachs und Hanf spielen werden, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Um hier aber nicht den Anschluss an die weltweiten Entwicklungen zu verpassen, sind weiterhin finanzielle Hilfen, Forschungsprojekte sowie vor allem geeignete politische Rahmenbedingungen erforderlich. So wie Indien die Nutzung von Jute im Verpackungsbereich durch gesetzliche Vorgaben stützt, könnte Brüssel z.B. durch eine Modifikation der Altauto-Richtlinie Schwung in die heimische Naturfaserwirtschaft bringen.

Autor:
Michael Carus (nova-Institut, www.nova-institut.de) nahm als Vertreter des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Verbraucherschutz (BMELV) und der European Industrial Hemp Association (EIHA) (www.eiha.org) an den FAO-Sitzungen teil.

Quelle: NP 2007-02-06

4.

Naturfasern: Produktlinien, Märkte und Potenziale

4 Naturfasern: Produktlinien, Märkte und Potenziale

4.1 Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)

4.1.1 Einleitung

In den allermeisten Anwendungen werden Kunststoffe nicht in Reinform verwendet, sondern aus technischen und/oder ökonomischen Gründen mit Füllstoffen wie z.B. Talkum „versteift", mit Glas- oder Kohlenstofffasern verstärkt oder mit Additiven z.B. UV-beständig gemacht. Auch Naturfasern eignen sich, um das Eigenschaftsprofil von Kunststoffen zu erweitern.

Für die Materialauswahl sind viele Kriterien relevant; neben Faktoren wie Preis, Erfahrung und Verfügbarkeit sind dies besonders die technischen Eigenschaften, welche das Anwendungsspektrum des Werkstoffs bestimmen. Wichtige Parameter sind zum Beispiel mechanische Kennwerte, Dichte, thermische Eigenschaften, akustische Eigenschaften, Geruch, Crashverhalten und Verarbeitungseigenschaften.

Auch wenn es eine Vielzahl an Verfahren und Werkstoffen gibt, die unter dem Begriff „Naturfaserverstärkte Kunststoffe" (NFK) zusammengefasst werden, so weisen doch alle NFK tendenziell einige gemeinsame Eigenschaften auf. Dies sind (Karus et al. 2006b):

- Höhere Steifigkeit und Festigkeit als unverstärkte Polymere. Während alle NFK stark verbesserte Steifigkeiten zeigen, ergeben sich gute Festigkeiten vor allem für schlanke Naturfasern, wie entsprechend aufgeschlossene Bastfasern.

- Die NFK-Werkstoffe neigen zu einer geringeren Splitterneigung als andere verstärkte Kunststoffe. Dies ist im Automobilbau vor allem für Bast- und Blattfaserverstärkte Bauteile, die auch beim Unfall keine scharfen Kanten bilden, ein Vorteil.

- NFK-Werkstoffe zeigen gegenüber unverstärkten Polymeren eine erhöhte Einsatztemperatur und eine gute Temperaturwechselbeständigkeit. Auch bei tiefen Temperaturen treten Vorteile auf, da die Naturfasern auch bei Kälte nicht spröde werden.

- Insbesondere gegenüber glasfaserverstärkten Werkstoffen haben NFK eine niedrigere Dichte, nahezu keine Abrasion im Werkzeug – und sie dürfen auch im Lebensmittelbereich eingesetzt werden.

- NFK-Bauteile weisen eine sehr geringe, isotrope Schwindung bei niedrigem Preis auf. Dies ermöglicht es, teure Spezialkunststoffe wie PC/ABS durch Polypropylen-Naturfaser (PP-NF) zu ersetzen. Im Gegensatz zu PC-ABS treten zudem unerwünschte Effekte, wie Störgeräusche (Kontaktquietschen) nicht auf.

- PP-NF-Bauteile können ohne zusätzlichen Klebstoff durch einfaches Heißkleben (Schweißen) mit anderen PP-basierten Bauteilen verbunden werden.

- NFK haben gute akustische Eigenschaften; sie verfügen über gute Dämpfungseigenschaften

Naturfaserverstärkte Kunststoffe zeigen somit gegenüber heute üblichen Werkstoffen – Kunststoffen, gefüllten und verstärkten Kunststoffen – interessante Eigenschaften. Mehrere dieser neuen Verfahren und Werkstoffe sind erst in den letzten Jahren marktreif geworden bzw. aktuell in der Markteinführung. Andere werden in wichtigen Branchen wie z.B. der deutschen Automobilindustrie bereits seit Jahren und in zunehmendem Maße eingesetzt.

Aufgrund ihrer guten technischen und ökonomischen Eigenschaften besitzen sie ein interessantes Substitutionspotenzial; schon heute bieten sie Wettbewerbsvorteile insbesondere bei Anwendungen, welche die Eigenschaften konventioneller Kunststoffe wie PC/ABS und PP-GF nicht ausschöpfen. In vielen Anwendungen lassen sich z.B. teure PC/ABS- oder PP-GF-Teile durch günstigere PP-NF-Teile ersetzen.

In Zukunftsszenarien mit hohen Rohölpreisen oder hoher Wertschätzung ökologischer Vorteile (z.B. durch staatliche Regularien) zeigen NFK deutliche Wettbewerbsvorteile gegenüber heutigen Materialien. Aber auch

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

Werkstoffe auf der Basis Nachwachsender Rohstoffe benötigen für Ihre Produktion meist deutlich weniger Energie als andere Werkstoffe *(siehe auch Abbildung 20 in Kapitel 2.2)* und weisen zudem – selbst bei Verbrennung nach ihrem Einsatz – einen weitgehend neutralen CO_2-Kreislauf auf. Der geringere Energieeinsatz macht sie wiederum unabhängiger vom Erdölpreis. Durch ihre geringe Dichte eignen sich die meisten Naturfaserverstärkten Kunststoffe für den Leichtbau und sparen damit, z.B. beim Automobil, in der Praxis zusätzlich Energie (Karus et al. 2006b).

Im folgenden Unterkapitel werden die verschiedenen Verfahren aus der Kunststofftechnik, bei denen Naturfasern als Verstärkungsfasern eingesetzt werden können, vorgestellt. In Kapitel 4.2 werden aktuelle Trends bzgl. des Einsatzes von NFK in der Automobilindustrie diskutiert, wobei die in Kapitel 4.1 vorgestellten Verfahren erneut mit ihren Vorteilen und Schwächen aus der Sicht der Automobilindustrie beschrieben werden. Dies wiederholt sich in Kapitel 4.3, wo konkrete Beispiele zum Einsatz von NFK außerhalb der Automobilindustrie vorgestellt werden.

Weiterführend Informationen zu diesem Thema findet man vor allem in folgenden Publikationen (Karus et al. 2006a, Karus et al. 2006b, Karus et al. 2006c), auf denen die folgenden Kapitel im Wesentlichen basieren.

4.1.2 Naturfaser-Formpressen

Hinsichtlich der Verarbeitung Naturfaserverstärkter Kunststoffe (NFK) zählt das Formpressen zu den wichtigsten Verfahren. NFK-Formpressteile können sowohl mit thermoplastischer als auch duroplastischer Matrix produziert werden. Während eine duroplastische Matrix zu besonders guten mechanischen und thermischen Eigenschaften führt, haben Thermoplaste Vorteile in Bezug auf Preis und Recycling. Beim Formpressen ist generell die Gestaltungsfreiheit des Bauteils auf einfache 3D-Formen begrenzt.

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

Aufgrund des höheren Marktanteils des thermoplastischen Formpressens *(siehe Kapitel 4.2)*, soll dieses Verfahren im Folgenden näher erläutert werden. Hier werden überwiegend Filze als Halbzeuge eingesetzt, bei denen zunächst Natur- und Polymerfasern – in Europa praktisch ausschließlich Polypropylen (PP), in Nordamerika auch Polyethylen (PE) - miteinander vermischt, verkrempelt und anschließend mechanisch verfestigt werden. Der Vorteil solcher Hybridfilze gegenüber anderen Halbzeugen besteht in einer weitgehend homogenen Durchmischung von Polymer- und Verstärkungsfaser sowie einer einfachen Handhabbarkeit. Die Halbzeuge werden zunächst durch Erwärmung außerhalb des eigentlichen Formwerkzeuges plastifiziert und damit wärmeformbar gemacht. Die erforderliche Vorheiztemperatur hängt vor allem vom eingesetzten Matrixpolymer ab. Für Polypropylen sind Temperaturen von 200 bis 250 °C erforderlich. Anschließend wird die erwärmte Formmasse in einem zweiten Teilschritt (Formgebung) im Formwerkzeug zum Formteil umgeformt.

Beim Formpressen ist der Zuschnitt dabei in etwa so groß wie die Abwicklung des Formteils. Beim Schließen des Werkzeugs wird der Werkstoff verdichtet und geformt, größere Fließvorgänge finden aber nicht statt. Die Umformung wird von gleichzeitigem Abkühlen begleitet, welches zum Erstarren der Formmasse führt.

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

Formpressen ist insbesondere für mittelgroße Stückzahlen (bis ca. 100.000 Stck./Jahr) und großflächige Bauteile ökonomisch interessant, da die Werkzeugkosten deutlich günstiger als beim Spritzgießen ausfallen. Dem Trend der Automobilhersteller, eine Vielzahl von Nischenmodellen anzubieten, kommt daher das Formpressverfahren entgegen. Neben dem wirtschaftlichen Aspekt zeichnen sich die formgepressten NFK-Bauteile durch interessante technische Eigenschaften aus: Die formgepressten

Naturfaserbauteile profitieren insbesondere von der geringen Dichte der Naturfasern. Da in der Fertigung üblicherweise bestimmte Bauteilstärken nicht unterschritten werden, auch wenn die mechanischen Anforderungen dies eigentlich zuließen, kommt dieser Eigenschaft speziell bei den großflächigen Bauteilen eine beträchtliche Bedeutung im Leichtbau zu.

Darüber hinaus sind die NFK-Bauteile durch die beim Formpressverfahren kontrollierbare Porösität in gewissem Maße luftdurchlässig. Dies führt zu einer sehr guten Kaschierbarkeit der NFK-Pressbauteile. Zu guter Letzt sei hier noch die geringe Splitterneigung der Bauteile erwähnt. (Karus et al. 2006b)

Als Naturfasern werden Flachs, Hanf, Jute/Kenaf, Sisal, Abaca und Kokosfasern eingesetzt *(siehe Kapitel 4.2)*. Besonders bewährt haben sich Mischungen verschiedener Naturfasern. Feine Naturfasern sorgen aufgrund ihrer großen Oberfläche für eine optimale Haftung zur Polymer-Matrix, gröbere Naturfasern garantieren eine optimale Durchdringung der Naturfasern durch das erhitzte Polymer (keine „Nestbildung" von Naturfasern ohne Polymer). Entsprechend haben sich in der Praxis Mischungen wie Flachs/Hanf, Kenaf/Hanf, Flachs/Sisal oder Jute/Sisal bewährt.

Die bewährte Formpresstechnik der Automobilindustrie sollte an sich auch für andere Branchen interessant sein. Es gibt dennoch bis heute nur wenige Anwendungen für NFK außerhalb dieser Branche. Der Grund ist in der Ausrichtung der Zulieferer, die diese Werkstoffe anbieten, zu finden: Diese arbeiten in der Regel nur für wenige Kunden – eben für die großen Automobilkonzerne. Sie produzieren aber keine Koffer, keine Möbel, keine Tabletts oder andere Produkte, für die die Formpresstechnik ebenso bestens geeignet wäre. Daher bleibt das technologische Spezialwissen um die Presstechniken innerhalb der (wenigen) Firmen. Diese Technologie zählt derzeit nicht zu den üblichen Verfahren der Kunststoffverarbeitung, es gibt „Know-how-Barrieren".

4.1.3 Naturfaser-Fließpressen

Beim Fließpressen sind die Zuschnitte im Gegensatz zum Formpressen kleiner als das Formteil. Erst beim Schließen des Werkzeugs wird unter Druck und Temperatur die Kavität vollständig gefüllt. Es kommt dabei zu ausgeprägten Fließvorgängen der Faser-/Kunststoffmasse im Werkzeug. Dies ermöglicht eine im Vergleich zum Formpressen größere Gestaltungs-

freiheit. Aufgrund der höheren Verarbeitungsdrücke sind die Investitionskosten aber auch höher als beim Formpressen.

Im Vergleich zum Spritzgießen zeichnen sich Formpressteile durch bessere mechanische Eigenschaften aus, die sich aus den erreichbaren, längeren Faserlängen ergeben. Beim Fließpressen glasfaserverstärkter Kunststoffe finden sowohl thermoplastische und duroplastische Halbzeuge (GMT[45], SMC[46]) als auch direkt verarbeitbare Plastifikate (LFT[47]) Verwendung. Das erste im Fließpressverfahren hergestellte Serienbauteil aus naturfaserverstärkten Kunststoffen wird im LFT-Verfahren hergestellt. Dieses ist für Naturfasern insbesondere wegen der geringeren thermischen Belastung dem GMT-Verfahren vorzuziehen (Karus et al. 2006b).

Die Anwendung dieses Verfahren in der serienmäßigen Produktion eines DaimlerChrysler A-Klasse Unterbodenteils (mit Abaca-Fasern) hat die Aufmerksamkeit auf die Kombination von NFK und Fließpressen gelenkt – vor allem da hier erstmalig ein Naturfaserbauteil im stark belasteten Außenbereich zum Einsatz kommt und ein bisheriges Glasfaserverstärktes Bauteil ersetzt. Inzwischen wird auch der Unterboden der B-Klasse in Naturfaser-Fließpressen gefertigt. Die Produktion erfolgt bei dem Zulieferer Rieter in der Schweiz. (Scherübl 2005)

In diesem Verfahren kann mit weniger Ausschuss und anderen Vorteilen gegenüber dem Formpressen produziert werden. Die verwendeten Fasern können länger sein als beim Spritzgießen und somit bei gleichem Durchmesser besser verstärken.

Bei duroplastischen Matrizes lassen sich die Halbzeuge ohne thermische Belastung herstellen. Inzwischen wird erstmalig ein Prototyp-Karosseriebauteil aus einem hanffaserverstärktem duroplastischen Harzsystem auf der Basis von Pflanzenöl in einem Außenteil für einen Bus eingesetzt. Das im SMC-Verfahren hergestellte Bauteil basiert vollständig auf Nachwachsenden Rohstoffen. (Schönfeld 2005)

Sheet-Moulding-Compounds (SMC) werden im Fließpressverfahren aus flächigen, reaktionsharzimprägnierten Fasergelegen erzeugt. In der Regel werden dabei Glasfasern eingesetzt. Für den Bauteilhersteller bietet das Verfahren den Vorteil, dass ein komplett mit Reaktionsharz, Härter, Verstärkungsfasern und Füllstoffen ausgestattetes Halbzeug bezogen und

45 *GMT = Glasmattenverstärkte Thermoplaste (AVK 2004)*
46 *SMC = Sheet Moulding Compound, nach DIN 16 913 Harzmatte genannt, auch unter dem Sammelbegriff „Prepreg" zusammengefasst (AVK 2004)*
47 *LFT = Langfaserverstärkte Granulate (AVK 2004)*

direkt weiterverarbeitet werden kann. Weiterhin besteht die Möglichkeit, neben Duroplasten auch Thermoplaste im Fließpressverfahren einzusetzen (Karus et al. 2006b).

4.1.4 Naturfaser-Spritzgießen

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

Der sich aufbauende Druck liegt zwischen 500 und 2.000 bar und wird bis zur Erstarrung der Schmelze im Werkzeug bzw. bis zum Versiegeln des Angusspunktes im Werkzeug aufrechterhalten. Der so erzeugte Spritzling wird dem anschließend geöffneten Werkzeug entnommen bzw. mit Auswerferstiften bzw. -platten oder Druckluft ausgestoßen. Aufgrund des hohen Aufwandes für Maschine und Werkzeug kommt das Spritzgussverfahren insbesondere bei sehr großen Stückzahlen und komplexen oder präzisen Bauteilen zum Einsatz.

Seit einiger Zeit sind auch naturfaserverstärkte Spritzgießgranulate kommerziell erhältlich. In Europa wird dabei hauptsächlich Polypropylen (PP) als Matrix verwendet. Da PP und Naturfasern (Cellulosefasern) keine gute Bindung eingehen, sind bei der Granulatherstellung Haftvermittler notwendig, um im Endprodukt gute mechanische Werte zu erzielen. In der Praxis hat sich hier vor allem MAPP[48] bewährt, das heute in fast allen NFK-

48 *MAPP – Maleinsäureanhydrid-gepfropftes Polypropylen*

Granulaten zum Einsatz kommt. Aufgrund der Sensibilität der Naturfasern gegenüber Wärmeeinwirkung werden die PP-NF-Granulate bei niedrigen Temperaturen von 175 – 190 °C verarbeitet. Dies bringt neben möglichen Problemen mit der Fließfähigkeit allerdings auch folgende Vorteile mit sich:

- geringer Energiebedarf
- geringe Zykluszeit
- geringe Textilschädigung beim Hinterspritzen von kaschierten Bauteilen

Die Bauteile zeichnen sich darüber hinaus durch geringe Verzugsneigung und gute Temperaturwechselbeständigkeit aus. Im Gegensatz zu glasfaserverstärkten Materialien gibt es keine Probleme mit Abrasion oder starker Anisotropie der Bauteile. Bisher werden erst relativ wenige naturfaserverstärkte Spritzgussbauteile in Serie gefertigt. Dies sind z.B. CD-Hüllen, Automobilkleinteile und Schleifscheibenträger. Dies liegt vor allem daran, dass die Granulate erst seit relativ kurzer Zeit in größeren Mengen zur Verfügung stehen. Die Anzahl der sich in Entwicklung befindlichen Bauteile ist bereits weitaus größer.

PP-NF Spritgussgranulat steht in einem direkten Substitutionsverhältnis zu einer Reihe von etablierten Kunststoffen und Verbundwerkstoffen. Besonders relevant als substituierbare Werkstoffe sind hierbei Polycarbonat mit ABS (PC/ABS), Polypropylen mit Talkumfüllung (PP-TV) und Polypropylen mit Glasfaserverstärkung (PP-GF).

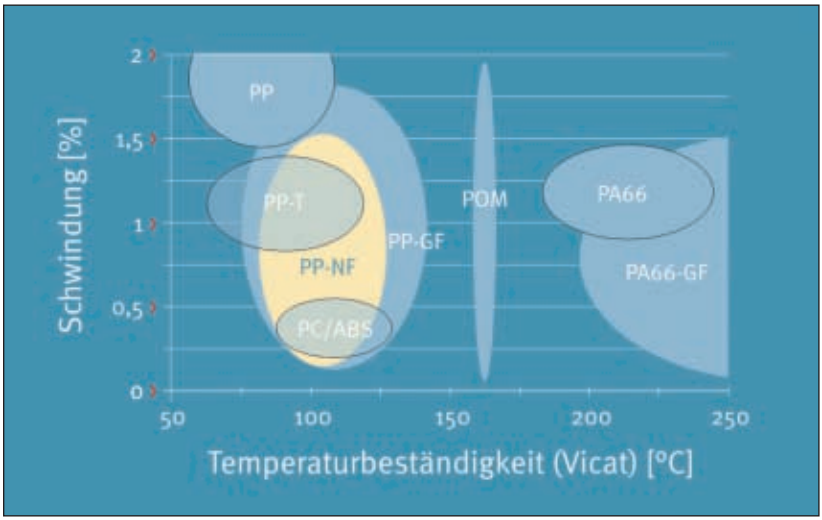
Diese etablierten Werkstoffe können zum Teil durch PP-NF substituiert werden, weil für bestimmte Anwendungen PP-NF gleiche Leistungen oder Vorteile bieten. PP-TV beispielsweise ist etwas preiswerter, aber mechanisch – bis auf die Schlagzähigkeit – unterlegen. Wenn PP-TV also für eine Anwendung in Frage kommt, bei der keine Stoßbelastungen zu erwarten sind, aber beispielsweise eine rückstandsfreie Verbrennung beim Recycling gewünscht wird, so hat man einen von vielen denkbaren Fällen, wo PP-NF überlegen sein kann.

Die folgenden drei Abbildungen 39, 40 und 41 zeigen dem Kunststoff- bzw. Werkzeugexperten auf einen Blick, welche Stärken und welche Schwächen Naturfaserverstärkte Kunststoffe im Spritzguss aufweisen. Der

Ingenieur kann anhand dieser Parameter einfach entscheiden, ob PP-NF in seiner Anwendungen eine Alternative darstellt oder nicht.

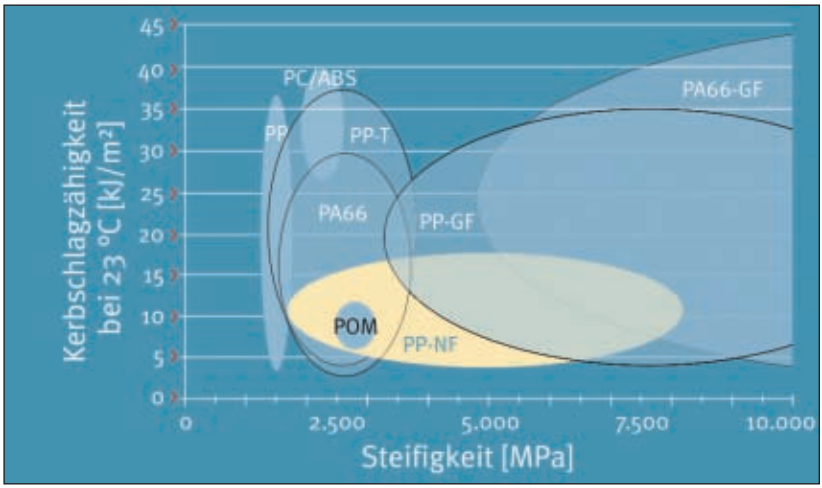
In den Grafiken werden die folgenden Größen für PP-NF und Standardkunststoffe dargestellt: Schwindung und Temperaturbeständigkeit, Steifigkeit, Zugfestigkeit und Kerbschlagzähigkeit.

Abbildung 39: Schwindung und Temperaturbeständigkeit (Vicat) verschiedener Standardkunststoffe und PP-NF



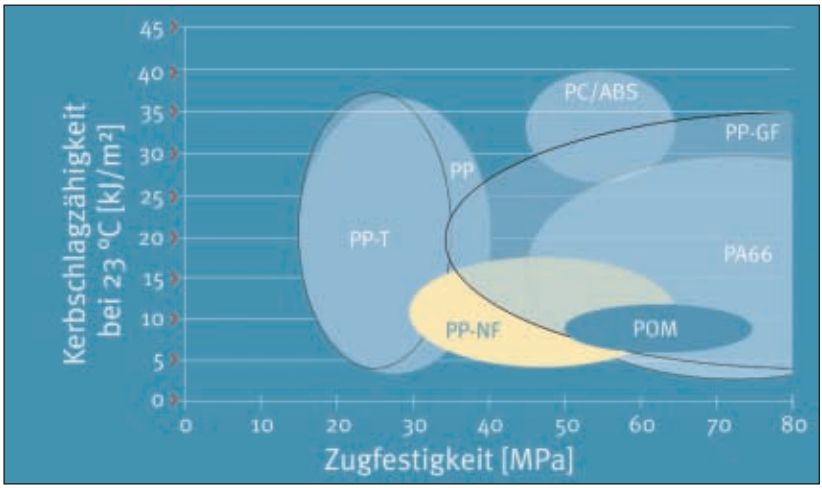
Quelle: Karus et al. 2006b

Abbildung 40: Steifigkeit und Kerbschlagzähigkeit verschiedener Standardkunststoffe und PP-NF



Quelle: Karus et al. 2006b

Abbildung 41: Zugfestigkeit und Kerbschlagzähigkeit verschiedener Standardkunststoffe und PP-NF



Quelle: Karus et al. 2006b

Zwei konkrete Beispiele für mögliche Substitutionen seien im Folgenden genannt:

PC-ABS ist sehr teuer, wird aber oft als Werkstoff eingesetzt, weil es kaum Schwindung (Schrumpfung) und Verzug (Verformung) des Bauteils bei der Produktion bzw. im späteren Einsatz zeigt. Manche PP-NF-Granulate haben ebenfalls diese Eigenschaft und können so das viel teurere PC/ABS ersetzen, falls dessen bessere mechanische Werte nicht in vollem Umfang erforderlich sind. (NFB 2006)

PP-GF hingegen kann insbesondere dann ersetzt werden, wenn keine hohe Schlagzähigkeit erforderlich ist, jedoch Verbrennungsrückstände oder Gesundheitsgefahren durch Glasfaserstaub (wie sie durch Abrieb im Gebrauch infolge des Glasfaseranteils entstehen können) vermieden werden sollen. Eine Schleifscheibe, die selbst bei einem teilweisen Abschliff der spritzgegossenen Trägerscheibe noch unproblematisch bleibt und keinen Glasfaserstaub freisetzt, ist ein solches Beispiel *(siehe Kapitel 4.3)*. Im Gegensatz zu glasfaserverstärkten Bauteilen zeigen naturfaserverstärkte Bauteile eine erheblich bessere Isotropie in ihren mechanischen Eigenschaften. Während sich Glasfasern im Bauteil orientieren und somit das Bauteil in verschiedenen Richtungen unterschiedliche mechanische Eigenschaften aufweist, zeigen Naturfasern keine oder eine erhebliche geringere Orientierung.

Die einzige wirkliche Schwäche der PP-NF-Produkte gegenüber anderen Standardprodukten ist ihre schlechte Schlagzähigkeit. Diese kann durch das Hinzufügen von speziellen Fasern zum Compound deutlich verbessert werden. Hierfür kommen diverse Fasern in Frage wie teure, synthetische PAN-Fasern, konventionelle Glasfasern – aber vor allem auch elastische Naturfasern wie Baumwollfasern.

PP-NF im Praxistext – Wie aufwändig ist eine Umstellung?

Im Folgenden soll das Fazit einer Studie zitiert werden, die für die Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. (AVK) durchgeführt, im Mai 2005 abgeschlossen und bisher nicht publiziert wurde (Vogt et al. 2005):

> „Im Praxisteil der AVK-Studie ging es darum zu prüfen, ob sich die positiven Ergebnisse aus dem theoretischen Teil, in dem die Eignung des PP-NF-Materials anhand von genormten Probekörpern im Labor untersucht wurde, auf einem Serienwerkzeug der Automobilindustrie reproduzieren lassen. Untersucht wurde das beste Material aus dem Theorieteil (A & F, Niederlande), für das es noch keine Serienproduktion gibt, und das Material von FLZ (Deutschland) *(Anmerkung: Das Unternehmen heißt heute FibreGran und ist eine Tochter der Firma Polyvlies)*, das bereits in Serie produziert und in der deutschen Automobilindustrie eingesetzt wird.

Die Ergebnisse sind eindeutig: Wie auch im Labor, so konnten die gestesteten PP-NF-Materialien auch im Praxisversuch den in Serie eingesetzten PP-Talkum-20-Werkstoff in den meisten Kategorien schlagen:

- Die PP-NF-Materialien lagen in ihren Werten bei Biegefestigkeit und Biegemodul, bei Zugfestigkeit und Zugmodul sowie bei der Wärmeformbeständigkeit über dem PP-Talkum-20-Material. Insbesondere das Material aus den Niederlanden zeigte, wie schon im ersten Teil, sehr gute Werte.

- Schwächen zeigten die PP-NF-Materialien lediglich bei der Schlagzähigkeit.

Ferner wurde die Praxistauglichkeit der PP-NF-Granulate getestet: Welche Modifikationen an den Spritzgießmaschinen sind erforderlich, um das Material zu verarbeiten. Das Ergebnis: Die getesteten PP-NF-Granulate stellten im Rahmen dieses Praxisteils unter Beweis, dass eine problemlose Verarbeitung auf Spritzgießmaschinen und der Einsatz in einer Serienproduktion möglich sind.

Es mussten an den Spritzgießmaschinen nur geringfügige Einstellungen verändert werden, die vor allem die Verarbeitungstemperatur betrafen, die bei PP-NF-Granulaten und langen Heißkanälen unter 180 °C oder besser sogar 175 °C bleiben sollte. Sogar bei dem PP-NF-Granulat aus den Niederlanden, das bisher noch nie auf einem Serienwerkzeug lief, traten keine relevanten Probleme auf. Nach ca. einer halben Stunde konnte das Serienwerkzeug gespritzt werden.

Die Ergebnisse des Praxisteils sind ebenso ermutigend wie diejenigen aus dem Theorieteil. Wenn nun noch Preis, Verfügbarkeit und Qualitätsmanagement stimmen, so steht dem Erfolg des neuen PP-NF-Materials nichts mehr im Weg."

4.1.5 Extrusion

Extrudierte Teile haben über ihre gesamte Länge denselben Querschnitt (sofern sie nicht in späteren Prozessschritten weiter umgeformt werden). Die Extrusionstechnologie ist deshalb und aufgrund ihrer hohen Produktivität für Profile und Platten sehr gut geeignet. Bast-, Blatt- und Fruchtfasern einschließlich der heimischen Flachs- und Hanffasern werden bisher nicht für extrudierte Verbundbauteile verwendet, obwohl im Prinzip jedes Spritzgießgranulat mit diesen Fasern hierfür geeignet wäre. Allerdings wollen Unternehmen in China für die Olympiade 2008 extrudierte Profile für Bodenbeläge und Fensterrahmen mit Hanffasern verstärken (EIHA 2006b).

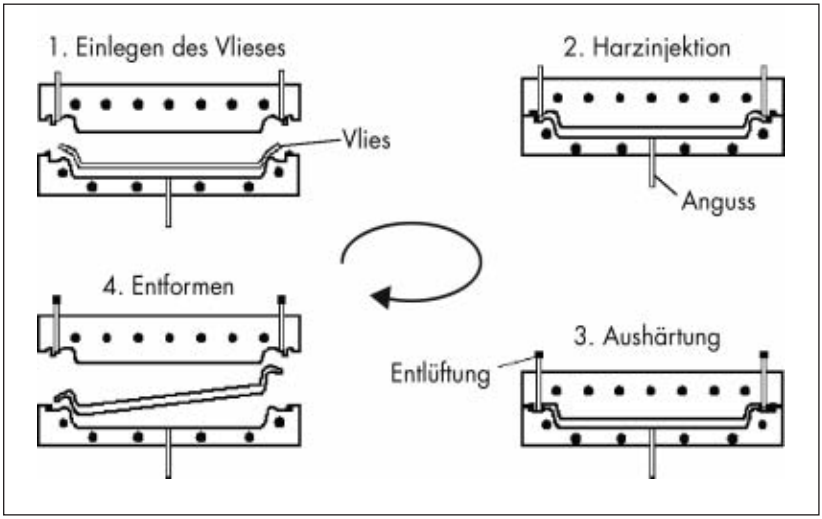
Der Grund für die bislang fehlende Verwendung der genannten Naturfasern in extrudierten Profilen liegt darin begründet, dass die für die

typischen Anwendungen von Profilteilen geforderten Eigenschaften sich auch mit preisgünstigeren Holzfasern bzw. vor allem auch Holzmehl erreichen lassen. Diese so genannten Wood-Plastic-Composites (WPC) *(siehe Kapitel 4.1.9)* haben in Nordamerika und Japan großen Absatz gefunden und werden seit einiger Zeit auch erfolgreich in Europa eingeführt. Naturfasern könnten hier aber zukünftig in gewissen Mengen eingesetzt werden, um die mechanischen Eigenschaften (insbesondere Festigkeiten) von WPC zu verbessern.

4.1.6 RTM-Verfahren

Für das Resin-Transfer-Moulding-Verfahren (RTM) wurde ebenfalls eine Variante mit Naturfaserverstärkung entwickelt. Dabei wird ein Naturfaservlies bzw. -filz in die Form gelegt und eine duroplastische Harzmasse in die Form injiziert. Im Kapitel 4.3.3 zeigt das Beispiel einer Firma aus den Niederlanden, dass auch dieses Verfahren bereits für Naturfasermatten im Serieneinsatz ist. (EIHA 2006b)

Abbildung 42: Schematische Darstellung des RTM-Prozesses



Quelle: Michaeli 1999

4.1.7 Biokunststoffe mit Naturfasern

Viele der in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Verfahren können auch mit thermo- und duroplastischen Biopolymeren realisiert werden. Als Beispiel soll hier der thermoplastische Biokunststoff PLA (polylactic acid) genannt werden, der aktuell das größte Marktvolumen erreicht hat, bislang aber primär im Bereich der biologisch abbaubaren Verpackungen eingesetzt wird. Zusammen mit Naturfasern könnte PLA auch den Weg in dauerhafte Produkte finden.

PLA verfügt im Vergleich zu petrochemischen Kunststoffen wie PP über eingeschränkte mechanische Eigenschaften und ein ungünstiges Temperaturverhalten. Ab etwa 50 °C gibt es Probleme mit der Formbeständigkeit, was für viele dauerhafte Anwendungen nicht akzeptabel ist, da im Sommer solche Temperaturen bereits im parkenden PKW erreicht werden.

In der Kombination mit Naturfasern – z.B. im Spritzguss oder beim Formpressen – werden die mechanischen und thermischen Eigenschaften deutlich verbessert. Versuche am Faserinstitut Bremen zeigten bei Formpressteilen auf Basis von PLA und Hanffasern eine Formbeständigkeit bis etwa 100 °C (Müssig & Didinger 2006). Gleichzeitig können die Kosten für das PLA-NF-Compound bezogen auf das Preis-Leistungs-Verhältnis günstiger ausfallen als für reines PLA: So kostet PLA heute am Markt über 3,00 €/kg, während Naturfaser für ca. 0,60 €/kg erhältlich sind; als PLA-NF-Compound würde der Preis ähnlich liegen wie reines PLA – bei zudem deutlich verbesserten Materialeigenschaften.

Naturfasern bieten sich für die Verstärkung von Biokunststoffen auch deshalb an, weil das Endprodukt biologisch abbaubar bleibt. Bei einer Verstärkung mit Glas- oder synthetischen Fasern würde dagegen diese Eigenschaft verloren gehen.

Eine ganz eigene Gruppe von Biokunststoffen stellen Lignin-gebundene Holz- und Naturfaser-Verbundwerkstoffe dar, die in den letzten Jahren von der Firma Tecnaro bis zur Serienreife entwickelt und erfolgreich am Markt eingeführt werden konnten. Ähnliches gilt für den Cellulose-Kunststoff ZELFO. (*Weitere Details sowie Produktbeispiele finden sich in Kapitel 4.3.2.)*

4.1.8 Recyceltes Polypropylen mit Naturfasern

Eine Möglichkeit zur Kostenersparnis liegt in der Verwendung von recyceltem Polypropylen (PP) für die Produktion von PP-NF-Granulaten. Aus Produktionsabfällen gewonnenes PP kann zu einem sortenreinen Regranulat von konstant guter Qualität recycelt werden. Die europäische Produktion von derart recyceltem PP liegt zurzeit bei etwa 200.000 t jährlich. Da das recycelte PP kostengünstiger als Neuware ist, bietet sein Einsatz die Möglichkeit, PP-NF-Compound um ca. 0,10 €/kg günstiger herzustellen.

Manche Hersteller hoffen auch, dass sie durch die Verstärkung mit Naturfasern das bislang noch schlechte Image von PP-Rezyklaten verbessern und damit dann auch den Einsatz im Automobilbereich erreichen können.

4.1.9 Wettbewerbssituation zu Wood-Plastic-Composites (WPC)

Holzmehl und Holzfasern sind in der Regel preiswerter als Naturfasern. Ihr Einsatz als Füllmittel oder Verstärkungsfasern in Kunststoffen (WPC) steht damit in unmittelbarer Konkurrenz zum Einsatz von Naturfasern (NFK). In diesem Unterkapitel zeigt sich, dass WPC in Anwendungen mit niedrigerem Anforderungsprofil überlegen sind, während naturfaserverstärkte Polymere vor allem in höherwertigen Anwendungen, in denen besonders höhere Festigkeiten gefordert sind, punkten können.

Definition WPC

Mit WPC wird eine neue Werkstoffgeneration bezeichnet, die sich wie folgt definiert:

> „Wood-Plastic-Composites (WPC) sind thermoplastisch verarbeitbare Verbundwerkstoffe, die aus unterschiedlichen Anteilen von Holz, Kunststoffen und Additiven bestehen und durch thermoplastische Formgebungsverfahren, wie z.B. Extrusion, Spritzgießen oder Presstechniken, verarbeitet werden.“ (Vogt et al. 2006)

Märkte

Die größten Marktanteile haben derzeit extrudierte Terrassenbodenbeläge, Fußleisten etc. Insgesamt wird die Produktionsmenge im deutschsprachigen Raum auf ca. 10.000 t/Jahr beziffert (Vogt et al. 2006). Der Markt wächst auf diesem niedrigen Niveau relativ schnell. Bei steigenden Erdöl-

preisen werden WPC mit hohem Holzanteil preislich zunehmend attraktiv im Vergleich zu konventionellen Kunststoffen, denn der Anteil an synthetischen Kunststoffen (meist PP oder PE) liegt in der Regel deutlich unter 50 %, oft unter 30 %. Steigende Holzpreise hingegen erhöhen die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber klassischen Holzwerkstoffen.

Bislang haben nur wenige Branchen (Bau- und Automobilindustrie) den neuen Werkstoff wahrgenommen. Gerade mit - für die Holzwerkstoffindustrie – neuen Verarbeitungstechniken wie dem Spritzgießverfahren könnten WPC auch in der Möbel-, Elektro- und Spielzeugindustrie Fuß fassen.

Wettbewerbssituation mit NFK

Eine Konkurrenzsituation zu NFK besteht in Produktlinien mit geringer mechanischer Beanspruchung. Hier ist der niedrigere Preis der Holzbestandteile das ausschlaggebende Argument: Während die Preise für PP-NF-Granulate meist über 1,50 €/kg liegen, ist WPC-Granulat typischerweise schon für 1,00 bis 1,30 €/kg zu bekommen *(siehe auch Abbildung 45 in Kapitel 4.1.10).*

Bei höheren technischen Ansprüchen, besonders an die Zugfestigkeit, sind die NFK überlegen (siehe Abbildung 43)[49]. Typische WPC-Granulate weisen zudem größere Partikelgrößen auf als hochwertige PP-NF-Granulate, so dass bei feingliedrigen Spritzgussteilen Naturfaser-Granulate im Vorteil sind.

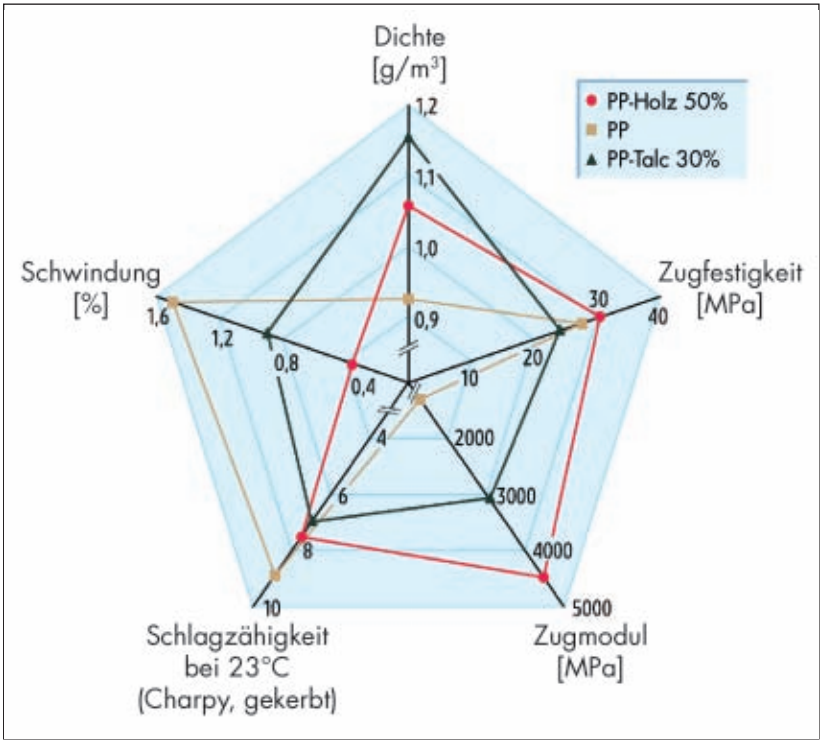
Anstelle von konventionellen Kunststoffen können auch Biopolymere als Matrixwerkstoffe für WPC zum Einsatz kommen. Die Verwendung von Lignin, einem natürlichen Polymer, welches zu etwa 30 % im Holz vorhanden ist, ist bei NFK bereits in die Serienproduktion eingeführt *(vgl. Kapitel 4.3.2)*. Die Verwendung von Stärke in Mischung mit Holzfasern hat sich wegen der ungelösten Feuchte-Problematik jedoch nicht bewährt, die Produkte können quellen und sind empfindlich gegenüber Schädlingsbefall.

Zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, besonders der Zugfestigkeit und der Schlagzähigkeit, können beim WPC neben Holz- auch Naturfasern beigemengt werden (Verbesserung der Zugfestigkeit z.B.

49 *Dies gilt nicht für den Einsatz hochwertiger und schlanker Holzfasern, die allerdings preislich sogar noch über Naturfasern liegen; WPC-Produkte mit solchen Holzfasern sind bis jetzt aber nicht in relevanter Weise am Markt.*

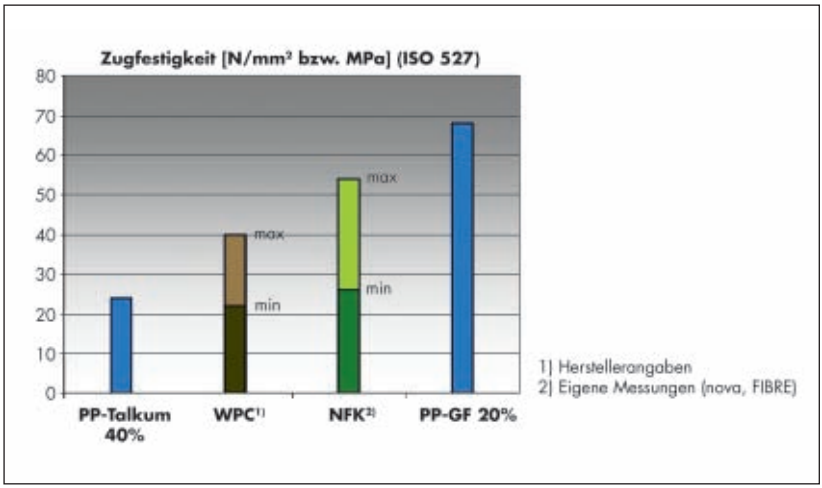
Bastfasern, Verbesserung der Schlagzähigkeit z.B. Baumwolle). Daher ist zu erwarten, dass WPC-Hersteller ihre Produkte mit dem Einsatz von reißfesten Naturfasern einjähriger Pflanzen aufwerten, um so auch in hochwertigen, mechanisch belasteten Anwendungen Marktanteile gegenüber konventionellen technischen Kunststoffen zu gewinnen. Ein entsprechender Serieneinsatz fehlt bislang allerdings noch.

Abbildung 43: Eigenschaften von WPC im Vergleich zu PP und PP-Talkum



Quelle: Schwendemann & Frisk 2004

Abbildung 44: Zugfestigkeit von WPC, NFK und anderen im Vergleich



Quelle: WPC-Produktdatenblätter & Karus et al. 2004

4.1.10 Wettbewerbssituation von NFK zu etablierten Werkstoffen

Die naturfaserverstärkten Kunststoffe (NFK) haben kein wirkliches Alleinstellungsmerkmal, welches völlig neue Anwendungen ermöglichen würde – sie müssen vielmehr die etablierten und wohlbekannten Werkstoffe zumindest teilweise aus ihren Anwendungen verdrängen, um Erfolg zu haben.

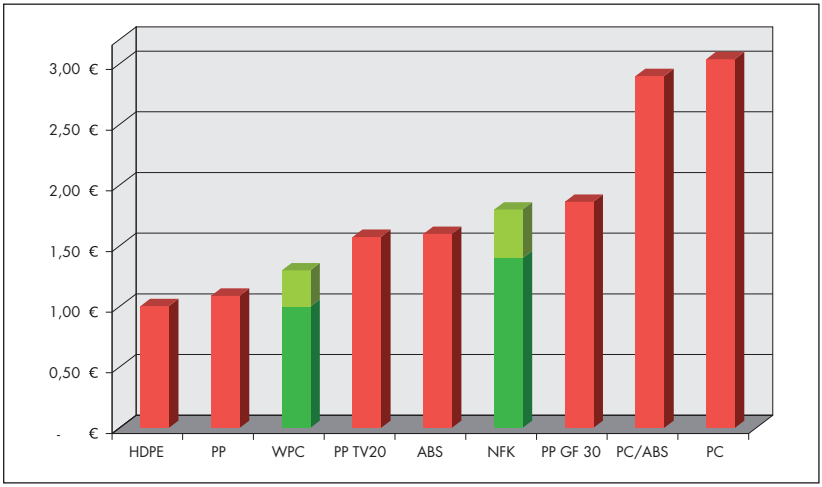
Dabei treffen NFK auf ein grundsätzliches Problem: Neue Werkstoffe haben es gegenüber etablierten Werkstoffen schwer, wenn sie nicht technisch oder ökonomisch klar überlegen sind. Unter dem aktuellen Wettbewerbsdruck gilt oft sogar, dass ein neuer Werkstoff technisch überlegen **und** gleichzeitig preiswerter sein soll – was nahezu unmöglich ist. Besonders der Preis ist derzeit noch ein Ausschlusskriterium, da die neuen Werkstoffe zunächst in geringen Mengen produziert und oft von kleinen und mittleren Unternehmen angeboten werden. Wie schnell sich neue Werkstoffe oder auch Technologien etablieren können hängt damit auch von der Innovationsfreudigkeit der jeweiligen Volkswirtschaft ab. In der

Automobilindustrie scheint aktuell vor allem Japan vorne zu liegen, wo sowohl der Hybridantrieb, aber auch Biokunststoffe und naturfaserverstärkte Biokunststoffe *(siehe Kapitel 4.3.2)* auf größeres Interesse der Produzenten stoßen als hierzulande.

Der Mehraufwand für die Verwendung eines weitgehend unbekannten Werkstoffs und die Einschätzung der damit verbundenen Risiken sind so hoch, dass von Beginn an große Vorteile erwartet – und belegt – werden müssen, damit die Verantwortlichen eine Werkstoffentscheidung zugunsten des NFK treffen. Das zeigt sowohl der fehlende Einsatz der NF-Formpresstechnik außerhalb der Automobilindustrie, als auch der nur schleppende Einsatz von NF-Granulaten im Spritzguss.

Die folgende Abbildung 45 zeigt die Preisspannen etablierter Kunststoffe und von WPC- und PP-NF-Granulaten („NFK"); diese Granulate ordnen sich kostenmäßig ihrem Eigenschaftsspektrum entsprechend ein. Beim aktuellen Preisniveau von 1,70 bis 2,00 €/kg konnten PP-NF-Granulate bereits in speziellen Anwendungen Fuß fassen *(siehe Kapitel 4.2. und 4.3)*. Einer weiteren Marktausdehnung stehen neben den oben genannten Problemen vor allem erhebliche Wissensdefizite auf Seiten der Kunststoff-verarbeitenden Industrie gegenüber.

Abbildung 45: Preise für WPC-, NF- und Standardgranulate (Stand 2006)



Quelle und Grafik: nova-Institut 2007

Die Arbeit des „N-FibreBase"-Teams aus M-Base, Faserinstitut Bremen (FIBRE) und nova-Institut setzt an diesem Informationsproblem an und hat durch die Erstellung einer Kennwertdatenbank[50] sowie diverser Fachartikel (Karus et al. 2006b) zum Thema NFK Aufklärungsarbeit geleistet und Grundlagen zur ingenieurtechnischen Handhabung von PP-NF wie bei normalen Standardkunststoffen gelegt. Ende 2007 erschien der „Produktkatalog Naturfaser-Spritzguss", in dem 16 deutsche Produzenten sich und ihre am Markt eingeführten Naturfaser-Granulate vorstellen (nova 2007b).

Erst in mehreren Jahren, wenn PP-NF-Spritzgießwerkstoffe besser etabliert sind, kann man hinreichende Kenntnisse unter den Ingenieuren der Kunststoff-verarbeitenden Branchen und somit eine häufigere Beachtung von PP-NF bei der Werkstoffauswahl erwarten.

4.1.11 Ausblick

Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) müssen immer wieder in Einzelfallentscheidungen gegen die etablierten Werkstoffe antreten und überzeugen – kein etabliertes Material ist in allen oder auch nur einem Großteil seiner Eigenschaften NFK klar unterlegen, so dass NFK eine Ergänzung des Werkstoffspektrums darstellen und keinen etablierten Werkstoff komplett ersetzen können.

Auf der anderen Seite ist es faszinierend, welche Werkstoffe und Produktionsverfahren in den letzten 20 Jahren auf Basis von Naturfasern entwickelt wurden. Viele sind heute technisch weit gereift und können trotz noch geringer Produktionsmengen preislich schon gut mit etablierten Werkstoffen mithalten. Die Zukunft von NFK hängt von einer Reihe von Faktoren ab.

- Einige NFK-Werkstoffe sind bereits heute ausgereift und werden kontinuierlich weiterentwickelt (insbesondere Bauteile im Formpress-Verfahren), andere NFK-Werkstoffe müssen noch weiter optimiert und stärker am Markt etabliert werden.

50 *Unter der Internetadresse **www.N-FibreBase.net** (siehe auch Baur 2004) finden sich umfassende Informationen über die neue Werkstoffklasse der naturfaserverstärkten Kunststoffe, WPC und Biopolymere: Produktionstechniken, Messverfahren, Eigenschaften, Lieferanten sowie eine umfassende Referenzdatenbank mit Produktbeispielen. Unter dieser Adresse ist auch der genannte 84-seitige „Produktkatalog Naturfaser-Spritzguss" erhältlich.*

- Durch wachsende Produktionsmengen werden die NFK-Werkstoffe bekannter, können sich bewähren, ihre besten Anwendungsfelder und Substitutionsmöglichkeiten werden deutlicher – und natürlich werden sie mit größeren Stückzahlen auch preiswerter.

- Damit diese Marktetablierung erfolgen kann, müssen zum einen die Informationen über die Eigenschaften der neuen NFK-Werkstoffe besser und detaillierter verfügbar werden. Zum anderen ist es erforderlich, dass sich auch die Anbieter der neuen Werkstoffe besser etablieren und zu zuverlässigen Partnern der Industrie werden. Aktuell sind die Pionierunternehmen oft einfach zu klein, um von der Großindustrie als Lieferant akzeptiert werden zu können. Hier gilt es, Kooperationen mit etablierten Anbietern einzugehen, die bei Problemen mit dem Werkstoff oder in der Logistik den in der Industrie gewohnten Support bieten können.

- Hinzu kommt das Problem der Material-Freigaben. Für bestimmte Anwendungen bzw. Branchen, wie z.B. die Automobil- oder Elektro-/Elektronikindustrie, sind oft Freigaben des Materials in Bezug auf technische Eigenschaften, Emissionen, Recycling, Brandverhalten etc. notwendig, die sehr zeit- und kostenaufwändig sind. Kleine Unternehmen kommen hier oft an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit.

- Besondere Chancen können sich zukünftig in der Kombination von Biokunststoffen und Naturfasern ergeben, da hier gleichzeitig die Eigenschaften und die Preise optimiert werden können.

- Interessant ist, dass sich aktuell Biokunststoffe und NFK in anderer Weise am Markt etablieren. Da Biokunststoffe noch erheblich teurer als konventionelle Kunststoffe sind, können sie sich am Markt nur durch Zusatznutzen (zum Beispiel die schnelle biologische Abbaubarkeit bei Verpackungsmaterialien) und politische Unterstützung etablieren – was aber durchaus gelingt. NFK müssen dagegen ohne solchen Zusatznutzen und mit nur vergleichsweise geringer politischer Unterstützung durch Eigenschaften und Preis überzeugen – was ebenfalls gelingt.

- Die Zukunft von NFK wird – ebenso wie die Zukunft der Biokunststoffe in dauerhaften Anwendungen – stark von den zukünftigen Erdöl- und Kunststoffpreisen abhängen. Für die Wettbewerbsfähigkeit von NFK spielt auch der Preis von Glasfasern, die stark vom Energiepreis abhängen, eine wichtige Rolle. *(Siehe Kapitel 2.2.3)*

- Schließlich können auch politische Rahmenbedingungen wie z.B. die Abfallverordnung oder die EU-Altautorichtlinie eine wichtige Rolle spielen, die die Etablierung beschleunigen oder verlangsamen. Hinzu kommen möglicherweise CO_2-Gutschriften und Nachhaltigkeits-Zertifikate, wie sie im Energiebereich bereits üblich sind oder vor ihrer Einführung stehen; entsprechende Regelungen können zukünftig auch für die stoffliche Nutzung erwartet werden. Dies könnte erheblichen Einfluss auf die Etablierung von NFK haben. *(Siehe Kapitel 6.3 und 7.2)*

- Bei positiver Entwicklung der politisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen *(siehe Kapitel 6.3 und 7.2)* und einem hohen Öl-, Kunststoff- und Glasfaserpreis ergeben sich allein in der Automobil- *(siehe Kapitel 4.2)*, Konsumgüter- und Bau- und Möbelindustrie potenzielle Märkte in der Größenordnung einiger 100.000 t/Jahr. So würde ein Marktanteil von 5 % beim Kunststoffeinsatz der deutschen Konsumgüterindustrie im Jahr 2020 in absoluten Zahlen bereits ca. 150.000 t/Jahr bedeuten *(siehe auch Kapitel 4.3)*. (Müssig & Carus 2007)

4.2 Naturfaserverstärkte Kunststoffe im Automobilbau

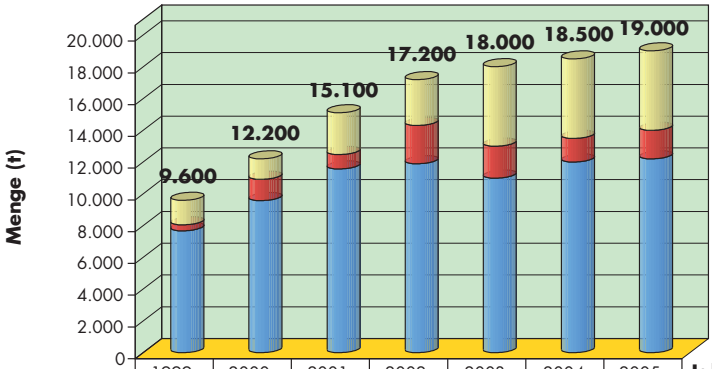
Seit 1996 erhebt das nova-Institut Daten zum Einsatz von Naturfasern (NF) in der Automobilproduktion in Deutschland. In einer umfassenden Recherche per E-Mail-Fragebögen und Telefoninterviews wurden im Sommerhalbjahr 2006 die Daten für die Jahre 2004 und 2005 erhoben. Dabei standen wie in den Vorjahren die Angaben der in Deutschland tätigen Zulieferer im Fokus, die fast vollständig erhoben werden konnten. Zusätzliche

exemplarische Befragungen von Mitarbeitern der Automobilkonzerne, NF-Mattenproduzenten, Maschinenbauern und Rohstofflieferanten dienten zur weiteren Absicherung der Daten.

4.2.1 Eingesetzte Naturfasern in der deutschen Automobilproduktion 1999 bis 2005

Abbildung 46 zeigt, dass der Einsatz von Naturfasern (NF) in der Automobilproduktion in Deutschland auch in den Jahren 2004 und 2005 weiter zugenommen hat – wenn auch nur noch mit abgeschwächten Wachstumsraten von unter 3 %. Dieses Wachstum basiert primär auf dem wachsenden Einsatz der – für Naturfasern neuen – Verfahren Fließpressen und Spritzgießen, während das etablierte Verfahren Formpressen stagniert. *(Zu den Verfahren siehe Kapitel 4.1)*

Abbildung 46: Einsatz von Naturfasern (ohne Holz und Baumwolle) für Verbundwerkstoffe in der deutschen Automobilproduktion



	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Summe	9.600	12.200	15.100	17.200	18.000	18.500	19.000
Exotische Fasern	1.548	1.279	2.618	2.895	4.995	5.000	5.000
Hanf	372	1.350	913	2.416	2.012	1.500	1.800
Flachs	7.680	9.571	11.569	11.890	10.993	12.000	12.200

Grafik: nova-Institut 2007

Im Jahr 2005 fanden erstmalig 19.000 t Naturfasern (ohne Holz und Baumwolle) ihre Anwendung in automobilen Verbundwerkstoffen. Gleichzeitig haben sich die Anteile der eingesetzten Naturfasern verändert. Während die exotischen Naturfasern – Jute & Kenaf, Sisal, Kokos und Abaca – zwischen den Jahren 2000 und 2003 prozentual (und auch absolut) erheblich zulegen konnten, trat seitdem eine Stagnation ein. Dies steht im direkten Zusammenhang mit den Preisen europäischer Flachsfasern, die im selben Zeitraum relativ hoch lagen und erst seit 2004 wieder sinken *(siehe Kapitel 3.1.3)*; gleichzeitig kam es in den letzten Jahren zu deutlichen Preiserhöhungen für Jute, Kenaf und Sisal auf dem Weltmarkt *(siehe Kapitel 3.2)*. Entsprechend konnte Flachs seine Marktposition in den Jahren 2004 und 2005 wieder ausbauen. Die Anteile von Hanf sind vor allem durch das knappe Angebot bestimmt. Durch den Ausfall eines großen Produzenten ging der Einsatz im Jahr 2004 zurück, um sich dann wieder zu erholen.

4.2.2 Aktuelle Marktanteile verschiedener Naturfasern

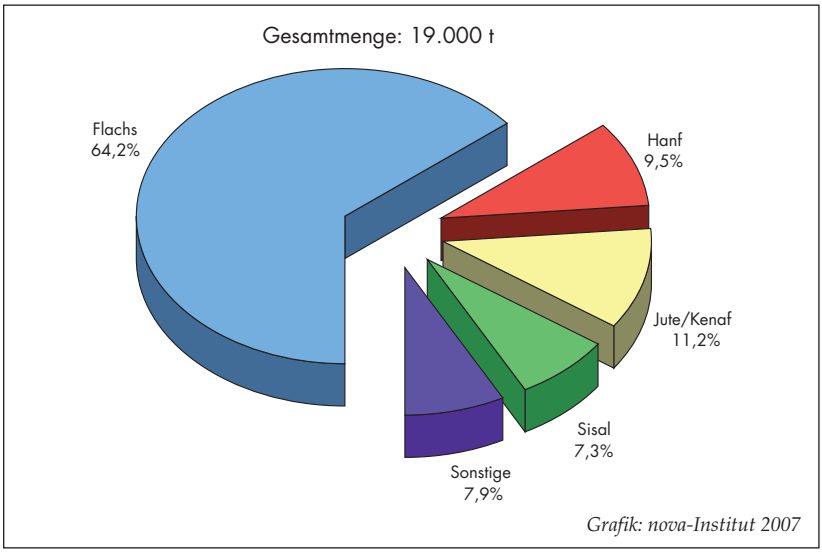
Die folgende Abbildung 47 zeigt die aktuellen Anteile der verschiedenen Naturfasern für das Jahr 2005 als Kuchendiagramm. Deutlich wird die Dominanz der Flachsfasern (Marktanteil von fast 65 %), die fast ausschließlich in Europa produziert werden, meist als Nebenprodukt der textilen Langfaserproduktion. Hanffasern, ebenfalls nahezu ausschließlich aus europäischer Produktion, zeigen aktuell einen Marktanteil von knapp 10 %. Größere Anteile sind erst möglich, wenn weitere Verarbeitungskapazitäten geschaffen werden oder die aktuell hohe Nachfrage des Hanf-Dämmstoffmarkts nachlässt.

Für das Jahr 2005 konnten die „exotischen Naturfasern" weiter aufgeschlüsselt werden, was in den Vorjahren mangels entsprechender Daten nicht möglich war. Wichtigste exotische Fasern sind Jute und Kenaf mit 11 %, gefolgt von Sisal mit 7 %.

Während Jute weltweit die bei weitem umsatzstärkste und damit die „Leitfaser" unter den technischen Naturfasern ist, liegen für Kenaf nur wenige Daten vor. Oftmals wird beim Handel nicht sauber zwischen Jute und Kenaf unterschieden. Aus diesem Grund werden die beiden asiatischen Fasern stets zusammen aufgeführt. Sisal ist weltweit die zweitwichtigste technische Naturfaser, sie stammt vor allem aus Afrika und Südamerika.

Sonstige exotische Fasern sind vor allem Kokosfasern aus dem südlichen Asien, die primär in Verbundwerkstoffen für hochwertige Sitze zum Einsatz kommen, und Abacafasern aus den Philippinen, die in einem ersten Außenbauteil im Fließpressprozess zur Anwendung kommen. Eine Reihe weiterer Naturfasern kann für Verbundwerkstoffe genutzt werden.

Abbildung 47: Einsatz von Naturfasern für Verbundwerkstoffe in der deutschen Automobilproduktion 2005



4.2.3 Anteile verschiedener Produktionsverfahren

Die Abbildung 48 zeigt den Anteil verschiedener Produktionsverfahren für Naturfaser-Verbundwerkstoffe. Wie in den Vorjahren dominiert das Formpressen, wenn auch etwas weniger als bisher. So lag der Anteil der Formpressverfahren in den Vorjahren bei über 99 % und ist nun auf 95 % gesunken.

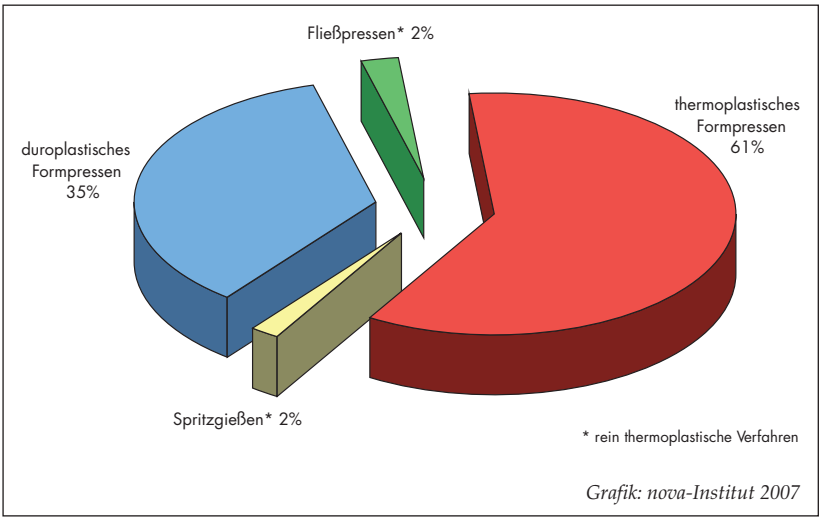
Erstmalig werden – für den Einsatz von Naturfasern – neue Verfahren sichtbar: Fließpressen und Spritzgießen. Für beide Verfahren sind in den nächsten Jahren noch erhebliche Steigerungen möglich, während das Verfah-

ren NF-Formpressen augenscheinlich in eine Sättigungsphase eingetreten ist. Dies liegt u.a. an dessen primärem Einsatzgebiet bei hochwertigen Innenbauteilen in der Mittel- und Oberklasse, wo nur noch schwer Wachstum zu erzielen ist *(siehe auch Abschnitt: „Zukünftige Entwicklungen")*.

Aktuell ist immer wieder zu hören, dass das NF-Formpressen seinen Höhepunkt überschritten habe und bereits rückläufig sei. Unsere Erhebung kann dies nicht bestätigen, sondern lediglich eine Stagnation feststellen. Auffällig ist allerdings eine Verschiebung innerhalb der Zulieferer, die den genannten Eindruck erklären könnte: Während bei vielen kleinen und mittleren Zulieferern die Produktion von NF-Formpressteilen mengenmäßig tatsächlich zurückgeht, nimmt die Produktion bei wenigen großen Zulieferern entsprechend zu und kompensiert den Rückgang bei den kleineren Anbietern. Fragt man alle Zulieferer, so erhält man zwangsläufig qualitativ den Eindruck, dass das Formpressen zurück ginge – obwohl es quantitativ tatsächlich konstant bleibt.

Eine nähere Einschätzung der zukünftigen Marktchancen der verschiedenen NF-Verfahren erfolgt weiter unten.

Abbildung 48: Anteile verschiedener Produktionsverfahren bei NF-Verbundwerkstoffen in der deutschen Automobilproduktion (ohne Holz- und Baumwoll-Compounds)



4.2.4 Exkurs: Holz und Baumwolle

Im Rahmen der Erhebung wurde versucht, auch die Mengen an Holzfasern und Baumwolle zu erheben, die in der deutschen Automobilproduktion Verwendung finden. Leider war dies jedoch im Rahmen der Untersuchung nicht möglich.

Da sich wichtige Unternehmen aus dem Bereich der Holzfaser- und Holzmehl-Verarbeitung nicht an der Erhebung beteiligten, konnten nur etwa 16.000 t Holzfasern nachgewiesen werden. Im Rahmen unserer Marktstudie aus dem Jahre 2004 waren wir für das Jahr 2003 von ca. 25.000 t Holzfasern und ca. 36.000 t Holzfaser-Verbundwerkstoffen ausgegangen. Da in diesem Bereich allgemein von einem Wachstum ausgegangen wird, schätzen wir die Menge für 2005 auf ca. 27.000 t Holzfasern und ca. 40.000 t entsprechenden Verbundwerkstoffen.

Die in der Automobilindustrie eingesetzten Holzfaser-Verbundwerkstoffe haben hohe Faseranteile *(s.u.)* und praktisch ausschließlich eine duroplastische Matrix. Ausnahme sind WPC-Granulate aus einem Thermoplast, Holzmehl bzw. -fasern und Additiven. Ihr Marktanteil liegt derzeit noch unter 1 %, wird aber wachsen.

Noch spärlicher ist die verfügbare Datenlage für Baumwolle: Nur wenige hundert Tonnen konnten nachgewiesen werden, obgleich unsere letzte Studie (2004) für das Jahr 2003 ca. 45.000 t Baumwolle und ca. 79.000 t entsprechender Verbundwerkstoffe nannte.

Diese Diskrepanz liegt darin begründet, dass die Erhebung primär unter PKW-Zuliefern durchgeführt wurde, während die duroplastischen Baumwoll-Verbundwerkstoffe heute fast ausschließlich für LKW-Fahrerkabinen Verwendung finden.

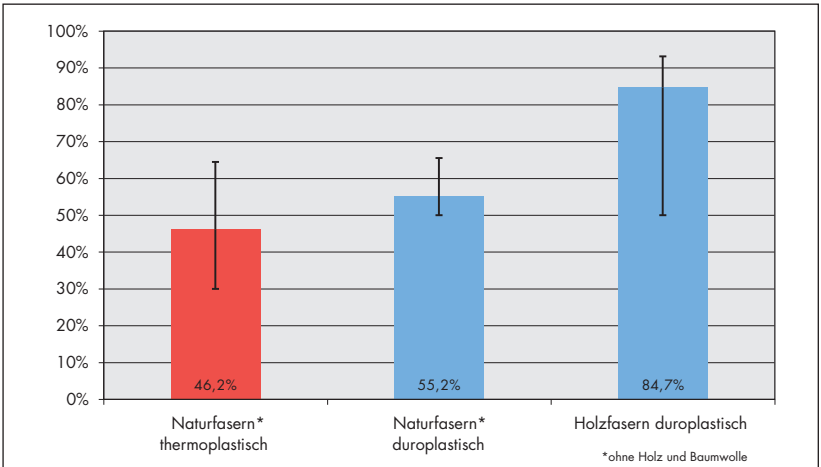
4.2.5 Naturfaseranteile für verschiedene Produktionsverfahren

Abbildung 49 zeigt die Naturfaseranteile für verschiedene Produktionsverfahren. Diese Daten wurden, wie in der Einleitung erwähnt, dieses Jahr erstmalig erhoben. Am höchsten liegen erwartungsgemäß die Faseranteile mit knapp 85 % für duroplastische Holzfaser-Verbundwerkstoffe. Werden Naturfasern (ohne Holz und Baumwolle) duroplastisch verarbeitet, so liegt der Faseranteil bei durchschnittlich 55 %. Erstaunt hat der hohe Anteil der

Naturfasern bei thermoplastischen Verbundwerkstoffen. Waren wir in der Vergangenheit in Einvernehmen mit exemplarisch befragten Produzenten eher von 30 bis 40 % Faseranteil ausgegangen, ergab die aktuelle Erhebung einen durchschnittlichen Gehalt von 46 %. Über alle Verfahren gemittelt liegt der durchschnittliche Naturfaseranteil bei 51,5 %.

In Abbildung 49 sind auch die Bandbreiten der Faseranteile dargestellt. Bei thermoplastischen Verbundwerkstoffen reicht die Spanne von 30 – 65 %.

Abbildung 49: Naturfaser-Anteil bei verschiedenen Produktionsverfahren von Verbundwerkstoffen in der deutschen Automobilproduktion im Jahr 2005



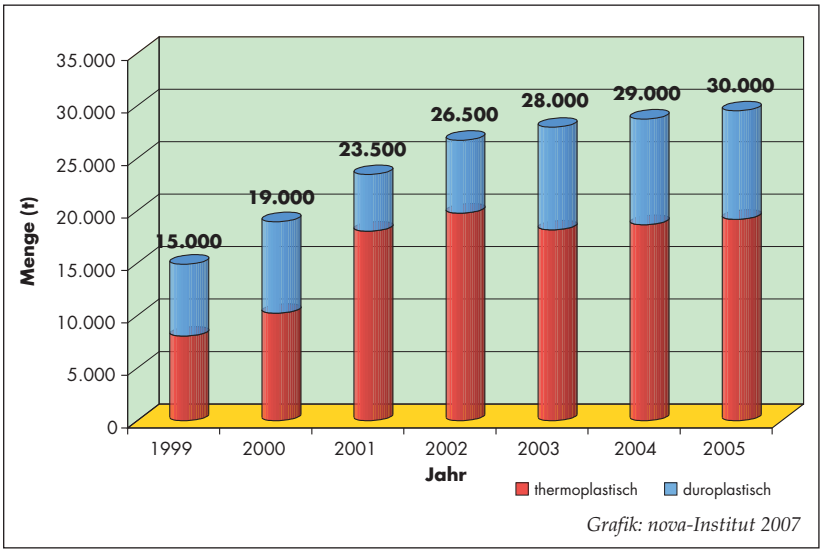
Grafik: nova-Institut 2007

4.2.6 Naturfaser-Verbundwerkstoffe im Automobil

Ausgehend von diesen, nun abgesicherten, Naturfaseranteilen und einem angenommenen, durchschnittlichen Randbeschnitt von 20 % (beim Formpressen) ergeben sich die folgenden Mengen an Naturfaser-Verbundwerkstoffen. Die Daten von 1999 bis 2003 mussten korrigiert werden, wodurch an dieser Stelle Inkonsistenzen zu früheren nova-Publikationen unvermeidbar sind.[51]

Neben den steigenden Gesamtmengen zeigt die Abbildung 50 auch den sich verändernden Anteil duro- und thermoplastischer Verfahren. Seit 1999 hat der Anteil thermoplastischer Verbundwerkstoffe deutlich zugenommen, wobei sich in den letzten drei Jahren keine weiteren Verschiebungen mehr zeigen.

Abbildung 50: Naturfaserverstärkte Verbundwerkstoffe in der deutschen Automobilproduktion (ohne Holz und Baumwolle)



Grafik: nova-Institut 2007

51 *Die Angaben für die Mengen der NF-Verbundwerkstoffe mussten im Vergleich zu früheren Publikationen des nova-Instituts erheblich korrigiert werden: Die bisher publizierten 45.000 t im Jahr 2003 erwiesen sich rückblickend als unrichtig, erst im Jahr 2005 konnten tatsächlich 30.000 t erreicht werden – und dies bei kontinuierlich wachsendem Einsatz. Der Grund für die damalige Fehlberechnung war die Umrechnung der Naturfasermenge in die Verbundwerkstoffmenge. Hierbei wurde bislang – in Abstimmung mit Branchenvertretern – ein durchschnittlicher Naturfaseranteil von 40 % angenommen. Da bei der diesjährigen Erhebung erstmalig nicht nur die Naturfasermenge, sondern auch die Verbundwerkstoffmenge erhoben wurde, konnte nun der NF-Anteil für duro- und thermoplastische Verfahren präzise berechnet werden – und er liegt deutlich über 40 % (siehe Abbildung 49). Zudem wurde erstmalig auch der Randbeschnitt, mit einem angenommenen, durchschnittlichen Verlust von ca. 20 % beim Formpressen, berücksichtigt. Insgesamt ergeben sich dadurch bei konsistenten Daten für den Einsatz von Naturfasern neu berechnete Daten für die entsprechenden Verbundwerkstoffe. Diese Korrektur wurde rückwirkend für die Jahre 1999 bis 2005 durchgeführt, um eine neue, in sich stimmige Datenbasis zu erhalten.*

4.2.7 NFK-Bauteile und Naturfasern pro PKW

Laut Verband der Deutschen Automobilindustrie (www.vda.de) wurden in Deutschland 5,2 Mio. (2004) bzw. 5,4 Mio. (2005) Personenkraftwagen (PKW) produziert. Hieraus lassen sich zusammen mit den Daten aus Abbildung 50 leicht die durchschnittlichen Naturfasermengen pro PKW berechnen. Es ergeben sich für die Jahre 2004 und 2005 3,6 kg/PKW, ein nur geringfügig höherer Wert als im Jahr 2003 (3,5 kg/PKW).

Dieser Durchschnittswert sagt allerdings wenig darüber aus, wie viele Naturfasern auf heutigem Stand der Technik bereits in Personenkraftwagen eingesetzt werden können und bereits werden. Während in vielen Wagen, insbesondere Kleinwagen, keinerlei Naturfasern eingesetzt werden, sind in einigen Fahrzeugen der Oberklasse bereits 20 – 30 kg Naturfasern im Einsatz. Wenn alle bekannten NFK-Anwendungen in **einem** Fahrzeug realisiert würden, käme man schon heute auf 30 – 50 kg Naturfasern pro Fahrzeug.

Typische automobile Anwendungen sind (soweit bekannt finden sich Angaben über die Naturfasermengen in Klammern): Vordere Innentüren (1,2 – 1,8 kg Naturfasern), hintere Innentüren (0,8 – 1,5 kg NF), Kofferraumauskleidungen (bis zu 2 kg NF), Hutablage, Dachhimmel, Armaturenbrett, Säulenverkleidungen, Sitzschalen und Unterboden sowie diverse Spritzgussteile wie Lüftungsgitter, Sitzhaken etc.

4.2.8 Naturfaser-Verbundwerkstoffe außerhalb der Automobilindustrie

Die befragten Automobilzulieferer wurden befragt, ob sie auch Verbundwerkstoffe für andere Branchen produzieren. Mehrere kleine und mittlere Zulieferer bejahten dies und kamen zusammen auf ca. 150 t, die vor allem mit PP-NF-Granulaten im Spritzguss verarbeitet wurden. Ein Beispiel ist das Trägermaterial von Schleifscheiben, wo das Material erfolgreich PP-Glasfaser-Spritzgussmaterial ersetzt *(vgl. Kapitel 4.3.1)*.

Bei der Befragung wurden nur Automobilzulieferer erfasst, die auch nicht-automobile Produkte fertigen, was bei den meisten nicht der Fall ist. Eine aktuelle Übersicht über nicht-automobile NFK-Anwendungen findet sich in Kapitel 4.3.

4.2.9 Zukünftige Entwicklungen

In Bezug auf die zukünftige Marktentwicklung naturfaserverstärkter Verbundwerkstoffe gibt es aktuell keinen eindeutigen Trend. Die Einschätzungen gehen in der Automobilbranche weit auseinander. So gibt es sowohl Meinungen, dass die Naturfasern ihren Peak bereits überschritten haben und ihre Anwendungen zurück gehen werden, als auch Meinungen, die eine Stabilisierung mit (leichtem) Marktwachstum und mittelfristig interessanten Potenzialen sehen. „Keine klare Richtung für NF-Werkstoffe: Erfolge in der Vergangenheit, aktuelles Schwächeln und eine interessante Zukunft" – so fasste ein Insider die aktuelle Situation im Sommer 2006 zusammen.

Auch OEMs und Tier-One-Supplier sind in ihrer Materialwahl schwer einzuschätzen, je nach Modellreihe fallen gleichzeitig Entscheidungen pro und contra naturfaserverstärkter Verbundwerkstoffe. Aktuell befindet sich das NF-Formpressen in einer Phase der Stagnation, NF-Fließpressen und PP-NF-Spritzgießen wachsen, aber ausgehend von einem (noch) sehr kleinen Niveau.

Klar erkennbar ist, dass sich das Umfeld für neue Werkstoffe in den letzten Jahren erheblich verändert hat. Unter einem stark gestiegenen Kostendruck, dem zum Teil auch Qualität geopfert wird, haben es neue Werkstoffe heute deutlich schwerer als noch zum Zeitpunkt der letzten Befragung im Jahre 2004. Die Zulieferer möchten existierende Verarbeitungslinien auslasten und nicht in neue Maschinen investieren. Neue Werkstoffe sollen möglichst besser **und** preiswerter sein, was kaum zu realisieren ist.

Ökonomisch zeigen NF- und Holz-Werkstoffe eine gute Preisstabilität, sie sind weniger vom Erdölpreis abhängig als andere Werkstoffe, vor allem, wenn hohe NF-/Holzanteile realisiert werden können. Sollten CO_2-Emissionen zukünftig stärker finanziell geahndet werden, ergäben sich weitere ökonomische Vorteile.

Formpressen (vgl. Kapitel 4.1.2)

NF-Formpressen ist ein etabliertes und bewährtes Verfahren zur Produktion großflächiger, leichter und hochwertiger Innenraumbauteile in Mittel- und Oberklassewagen. Vorteile (Leichtbau, Crashverhalten, Formbeständigkeit, Kaschierbarkeit, je nach Gesamtkonzept auch Preis) und Nachteile (begrenzte Form- und Designgebung, Stanzabfälle, Kostennachteile bei

hoher Teile-Integration im Bauteil) sind wohlbekannt. Optimierungen des Prozesses sind im Gange, um bestimmte Problemfelder wie Stanzabfälle zu reduzieren und Abfälle zu recyceln. Mit neuen One-Shot-Formpressen können auch direkt weiche Oberflächen integriert werden, was im Spritzguss bislang nicht möglich ist.

Geht es um möglichst preiswerte Türkonzepte (bis hin zu Verzicht auf eine Kaschierung) mit hoher Teile-Integration, so hat NF-Formpressen gegenüber Spritzguss keine guten Chancen. Geht es um hochwertige Türkonzepte, bleibt NF-Formpressen ein Verfahren erster Wahl. Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass NF-Formpressen in der deutschen Automobilindustrie aktuell stagniert. Derzeit werden die Rückgänge bei kleinen und mittleren Zulieferern durch Zunahmen bei großen Tier-One-Suppliern vollständig kompensiert. Ein strukturelles Problem ist, dass es nur wenige Formpress-Maschinenbauer und Mattenproduzenten gibt und es sich beim Formpressen um ein Spezialverfahren handelt (Abhängigkeit!). Lieber würden die Zulieferer ihre vorhandenen (Spritzguss-)Linien auslasten. Bei starkem Preisdruck kann dies zum Nachteil für NF-Formpressen werden.

Die Zukunft des NF-Formpressens hängt von einer Vielzahl an Faktoren ab (Preisdruck, Strategien und Innenraumkonzepte der OEM und Zulieferer, Erdöl-, Kunststoff- und Glasfaserpreise, Weiterentwicklung des Formpressens und von Konkurrenzkonzepten/-werkstoffen). Wir gehen davon aus, dass diese Technik auch in Zukunft ihre Märkte finden wird. Dafür spricht auch, dass derzeit weltweit mehr NF-Formpresslinien installiert werden als je zuvor – nicht in Europa, aber in China, Indien und dem Iran. Dort scheint NF-Formpressen bei den aktuellen Weltmarktpreisen für Naturfasern als ein ökonomisch interessantes und zukunftsträchtiges Verfahren betrachtet zu werden.

Fließpressen (vgl. Kapitel 4.1.3)

Nur wenige Unternehmen haben sich bisher mit dem Thema NF-Fließpressen beschäftigt. Diejenigen, die hier Erfahrungen gesammelt haben, sehen für dieses neue Verfahren interessante technische und ökonomische Möglichkeiten.

PP-NF-Spritzgießen (vgl. Kapitel 4.1.4)

Bei der Einschätzung der Marktentwicklungen beim PP-NF-Spritzgießen gibt es sehr große Unterschiede: Die einen Insider sehen keine relevan-

ten Anwendungen von PP-NF im Automobil, weder technische Daten noch Preise seien attraktiv; andere bescheinigen PP-NF große Zuwachsraten und ein großes Potenzial. Dies gilt ganz besonders für den Werkstoff WPC mit Holzmehl und -fasern.

NF-Granulate und ihre Verarbeitung werden oft als noch nicht technisch ausgereift angesehen und als noch zu teuer eingestuft, zudem wird bemängelt, dass noch keine etablierten, größeren Anbieter mit entsprechendem Support existieren. Sollten diese Probleme gelöst werden, scheint ein echtes Interesse auf Seiten der OEMs und Zulieferer zu bestehen. Zudem werden PP-NF-Granulate bei steigenden Erdöl- und Glasfaserpreisen zunehmend interessanter.

Die unterschiedlichen Einschätzungen sind zum Teil auch darauf zurückzuführen, dass der aktuelle Markt der PP-NF-Granulate sehr unübersichtlich ist und sich die verschiedenen Granulate in ihren mechanischen Eigenschaften und Preisen um bis zum Faktor 2 unterscheiden können. Vielen potenziellen Kunden sind die derzeit größten und besten Anbieter nicht bekannt.

Ausblick

Die Ausführungen in diesem Kapitel betrafen vor allem die nächsten Jahre, also kurzfristige Trends. Mittel- bis langfristig können sich bei geeigneten wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen und hohen Erdöl-, Kunststoff- und Glasfaserpreisen sehr günstige Entwicklungen für NFK und auch für Bio-NFK ergeben *(siehe auch Kapitel 6)*. Es gibt Marktanalysen, die für das Jahr 2020 eine Nachfrage von 200.000 t NFK und WPC in der deutschen Autoindustrie für möglich halten (Müssig & Carus 2007).

4.3 Naturfaserverstärkte Kunststoffe in Produkten außerhalb der Automobilindustrie

Die Erfassung von naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) außerhalb der Automobilindustrie ist erheblich aufwändiger und lückenhafter als im Automobilbereich. Eigenen Schätzungen nach dürften aktuell in Deutsch-

land mindestens einige hundert Tonnen NFK und maximal 2.000 t NFK pro Jahr für nichtautomobile Anwendungen produziert werden (ohne Holz- und Baumwollbasierte Produkte wie WPC *(siehe Kapitel 4.1.9)*. Der Einsatz wächst nur langsam, vor allem weil die Informationen über die neuen NFK-Werkstoffe nur wenig verbreitet sind. Auch das Know-how der automobilen Zulieferer ist nur in geringem Umfang für andere Branchen verfügbar, weil gerade die großen Zulieferer ausschließlich im Automobilbereich tätig sind.

Im Folgenden sollen einzelne bekannte Anwendungen beschrieben werden. Es besteht aber kein Anspruch auf Vollständigkeit, da selbst Insider immer wieder von Anwendungen überrascht werden. Treten Produzenten und Endanwender mit ihren Produkten bzw. Werkstoff-Informationen nicht an die (Fach-) Öffentlichkeit, kann eine NFK-Anwendung auch vollkommen unerfasst bleiben.

Bei den folgenden Beispielen handelt es sich ausschließlich um kommerzielle Serienteile. Die Darstellung von Prototypen von Universitäten, Hochschulen und Instituten würde etliche Seiten füllen und wenig sinnvoll sein. Nur kommerziell gefertigte Serienteile haben bewiesen, dass der Einsatz von NFK technisch und/oder ökonomisch wirklich Sinn ergibt.

4.3.1 Erfolgsgeschichte Schleifscheiben-Träger

Einer der international führenden Hersteller von Schleifscheiben, die Firma Eisenblätter in Geretsried, hat in den vergangenen Jahren eine Fächer-Schleifscheibe für VA-Stahl entwickelt, deren Trägerteller erstmalig aus einem Spritzgussteil aus Hanffasern und Polypropylen (PP) besteht *(vgl. Kapitel 4.1.4)*. Die Hanffasern dienen der Verstärkung und ersetzen die bislang eingesetzten Glasfasern. Als Vorteile des Produktes werden besonders der Wegfall der Belastung durch Glasfaserstaub sowie die einfachere Entsorgung genannt. Das Material ist federnd-elastisch, wodurch die sonst störenden Vibrationen reduziert werden und eine größere Auflagefläche entsteht. Niedriges Gewicht, hohe Formstabilität und eine gute Wärmepufferung ergänzen den funktionalen Mehrwert dieses Produktes.

Der Stückpreis liegt zwischen 1,49 € und 4,75 €, abhängig von Durchmesser, Körnung und Bestellmenge. Damit liegt das Produkt mit dem Handelsnamen PLANTEX® preislich sogar unter den mit Glasgewebe verstärkten Artikeln, bietet zudem eine höhere Abtragleistung und eine

wesentlich längere Standzeit. Das Produkt aus deutscher Fertigung wird weltweit vertrieben. (Eisenblätter 2006)

Abbildung 51: Fächerschleifscheibe PLANTEX®

Quelle: Eisenblätter 2006

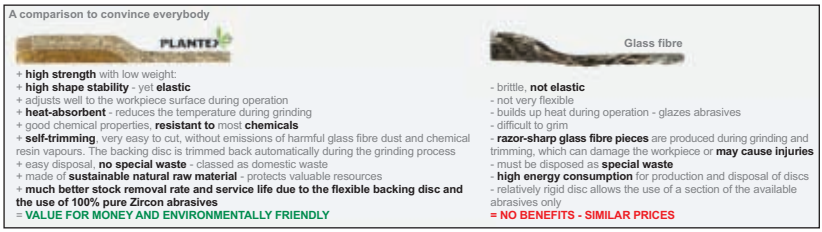
Bereits der Verkaufsstart im Jahr 2005 war ein großer Erfolg und seit dem wird das Angebot ständig ausgeweitet. Bei einem weltweiten Jahresbedarf von mindestens 130 Mio. Stück wird das enorme Potenzial dieser Schleifscheibe erkennbar (Reiche 2006).

Nach Angaben des eigentlichen Lohn-Produzenten werden jährlich ca. 1,0 Mio. Stück hergestellt, wozu etwa 50 bis 60 t Hanffasern aus Deutschland eingesetzt werden. Die Ausweitung des Angebotes ist schon beschlossene Sache (Beckmann 2006). Genauere Angaben können mit Rücksicht auf die schutzrechtlich gesicherte Alleinstellung des Anbieters nicht genannt werden.

Bei der Werbung mit Vorteilen der Naturfaser-Scheiben gegenüber Glasfasern sollte man in Deutschland jedoch sehr vorsichtig sein, da die starke Glasfaser-Lobby den Rechtsweg nicht scheut. Etwas entspannter scheint die Situation in Australien zu.

Seit 2007 sind die PLANTEX®-Schleifscheiben auch in Australien erhältlich. Vertriebspartner Mullner Enterprises bewirbt das neue Produkt mit dem Slogan: „Ein Quantensprung in der Schleifscheiben-Technologie – die umweltfreundliche Schleifscheibe“ (Mullner 2007). Offensiv werden die Vorteile gegenüber einer glasfaserverstärkten Schleifscheibe hervorgehoben *(siehe Abbildung 52)*.

Abbildung 52: Vergleich von Schleifscheiben mit Hanf- und Glasfasern



Quelle: Mullner 2007

Hier scheint also eine Anwendung für ein PP-NF-Granulat gefunden worden zu sein, bei der Preis und spezielle mechanische Eigenschaften sowie Vorteile bei Gesundheitsschutz, Entsorgung und Umweltentlastung das Material zu einer hoch attraktiven Option werden lassen. Es kann davon ausgegangen werden, dass es noch zahlreiche solcher Anwendungen gibt, die es nun zu finden und zu erschließen gilt. Aber auch der Schleifscheibenmarkt selbst besitzt noch beträchtliches Potenzial *(s.o.)*. (Ferret 2007)

4.3.2 Naturfaserverstärkte Biokunststoffe

Aktuell sind vier kommerzielle Anwendungen bekannt, bei denen Biokunststoffe mit Hanf- bzw. Kenaffasern zum Einsatz kommen. Die deutsche Firma Tecnaro bietet mit ARBOFORM® einen Werkstoff aus Lignin, Pflanzenfasern und Naturharz an, die Firma Frenzel eine Schmukkurne aus PLA und Hanffasermatten, die japanischen Firmen NEC und UNITIKA ein Handy-Gehäuse aus PLA und Kenaffasern und die Firma Zellform aus Österreich bzw. Australien den bindemittelfreien Cellulosekunststoff Zelfo® aus Hanffasern.

ARBOFORM®-Granulat von Tecnaro

Die Firma Tecnaro GmbH aus Ilsfeld-Auenstein wurde 1999 als Spin-Off aus dem Fraunhofer-Institut Chemische Technologie (ICT) Pfinztal gegründet. Dort hatte man hat schon vor einigen Jahren den Werkstoff ARBOFORM® aus Lignin, Naturfasern (vor allem Hanf) und einem Naturharz als Haftvermittler entwickelt und zur Serienreife gebracht. Das Material besteht zu 100 % aus nachwachsenden Rohstoffen, ist thermoplastisch verarbeitbar, besitzt interessante Materialeigenschaften und ist seit mehreren Jahren kommerziell über einen größeren Kunststoff-Vertriebspartner am Markt verfügbar. Preislich liegt es deutlich über Standard-Thermoplasten und kann daher entweder mit ökologischen Argumenten oder aufgrund seiner speziellen Eigenschaften vermarktet werden.

Bislang konnten verschiedene Kleinserien-Produktionen realisiert werden wie z.B. Krippenfiguren, Gehäuse, Spezialschrauben etc. Das Unternehmen sucht in Forschungs- und Entwicklungsprojekten nach neuen Einsatzgebieten. In den nächsten Jahren wird der Serienstart verschiedener Produktentwicklungen erwartet, so dass der Naturfaserbedarf deutlich steigen wird (Tecnaro 2006).

Als aktuelles Beispiel sollen Trägerplatten für Elektronikbauteile vorgestellt werden. In dem von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) geförderten Projekt konnte die Eignung des Materials für die Platinen- und Leiterplattenproduktion gezeigt werden. Nun soll das Herstellungsverfahren zur Serienreife geführt werden.

Gewöhnliche Platinen werden aus papier- oder glasfaserverstärktem Phenol- oder Epoxydharzen hergestellt. Die neue Platine besteht zum Großteil aus pflanzlichen Materialien. Eine Matrix aus Strohlignin mit Hanf-Kurzfaser und Baumwollgewebe dient zur Verstärkung, Haftvermittler ist ein Naturharz, Flammhemmer expandierbarer Graphit. Damit kommt das Pro-

Abbildung 53: Äußerlich kaum erkennbar: Die Leiterplatte dieser Fernbedienung besteht aus Strohlignin, Hanf, Baumwolle und Naturharz

Quelle: FNR 2006b

dukt auch ohne halogenierte Flammschutzmittel aus. Die Bestückung erfolgt mit bleifreiem Löten, somit können elektronische Baugruppen hergestellt werden, die konform mit der neuen EU-Richtlinie „Restriction of Hazardous Substances" sind, die bestimmte Stoffe in Elektrogeräten wie Blei, Cadmium und Quecksilber seit 2006 verbietet.

Ein weiteres Beispiel sind Musikinstrumente wie Flöten, bei denen die Materialvariante Arbophonic verwendet wird. Die Presse schreibt:

> „Abgesehen von der Umweltfreundlichkeit und den guten Klangeigenschaften, hat die Flöte aus Flüssigholz noch weitere Vorteile: Sie ist problemlos abwaschbar, und das Material ist so hart, dass es keine Abnutzungserscheinungen – etwa durch Kauen am Flötenkopf – gibt. Das Instrument soll bereits in diesem Jahr auf der Frankfurter Musikmesse vorgestellt werden." (BdW 2007)

Frenzel/Winter: Schmuckurne

Insbesondere der Biokunststoff PLA, der kommerziell am Markt verfügbar ist, kann mit Hilfe von Hanf- und anderen Naturfasern in seinem Eigenschaftsprofil verbessert und gleichzeitig preislich attraktiver werden.

Seit dem Jahr 2006 wird von der deutschen Firma Frenzel eine sog. Schmuckurne am Markt angeboten, die im Formpressverfahren *(siehe Kapitel 4.1.2)* aus einem Hanffaser-PLA-Vlies hergestellt wird. Ein Behälter aus reinem PLA wäre zu spröde und könnte durch Stoß leicht beschädigt werden. Im Gegensatz zu den alternativ denkbaren Weichmachern reduzieren Naturfasern den Materialpreis. Hergestellt wird das Produkt von der Jakob Winter GmbH *(siehe Kapitel 4.3.5)* aus Nauheim.

Japan: Handy-Gehäuse aus Kenaffaser-verstärktem PLA

Im Jahr 2006 ist in Japan ein neues Mobiltelefon mit einem Gehäuse aus dem Biokunststoff (PLA) und Kenaf-Fasern erschienen. Das N701iECO wurde von NEC (www.it-eco.net) und der „Textiles and Plastics Group Unitika" entwickelt. Die Kenaf-Fasern verstärken in diesem Materialverbund das PLA mechanisch und erhöhen die bei PLA üblicherweise geringe Gebrauchstemperatur deutlich *(vgl. Kapitel 4.1.7)*. Die Schlagzähigkeit wurde durch Zugabe biologischer Additive verbessert.

NEC strebt an, bis 2010 in allen Produktgruppen über 10 % der konventionellen Kunststoffe durch Biokunststoffe zu ersetzen.

Anstelle von Kenaf könnten zukünftig auch europäische Naturfasern in ähnlichen Anwendungen Verwendung finden. (NP 2006-03-23)

Abbildung 54: Handy-Gehäuse aus Japan aus PLA, verstärkt mit Kenaffasern

Designprodukte aus Zelfo

Die ursprünglich in Österreich beheimatete Firma Zellform hat in den letzten zehn Jahren den neuen Cellulose-Kunststoff Zelfo® entwickelt, der seit dem Jahr 2000 in Europa patentiert ist. Nach Kleinserien auf einer Technikumsanlage in Österreich und Australien und Plänen für eine Firmengründung in Deutschland, liegt der Sitz der Firma nunmehr in Australien.

Seit dem Jahr 2000 wurden Musikinstrumente (Schlagzeug, Didgeridoo, Gitarre), HiFi- (Lautsprecherboxen) und Möbel sowie Schmuckurnen und Edelsärge realisiert. Bislang konnten allerdings nur kleine und hochpreisige Nischenmärkte im Instrumenten-, Lautsprecher-, Lampen- und Möbelbau erschlossen werden. Der aktuelle Firmenprospekt zeigt eine Vielzahl an Produktbeispielen aus dem Designbereich. (Zelfo Australia 2007)

Zelfo® ist ein vollkommen bindemittelfreier Cellulosekunststoff. Die Flachs- oder Hanffasern[52] werden in einem Refiner sehr weit aufgemahlen und mit Wasser vermischt. Die Bindung kommt ausschließlich durch die Wasserstoffbrückenbindung der Cellulose zustande. Das Vormaterial ist plastisch formbar, härtet ohne Druck und ohne höhere Temperaturen – allerdings unter starker Schrumpfung – aus.

Zelfo® weist für Biokunststoffe ungewöhnliche Eigenschaften (z.B. sehr gute mechanische, akustische und thermische Eigenschaften bei gleichzeitig vollständiger biologischer Abbaubarkeit) auf und unterscheidet sich aber auch konzeptionell deutlich von anderen Biokunststoffen. Zelfo® benötigt einen komplett eigenen Produktions- und Verarbeitungsprozess

52 *Es können auch Stroh verschiedener Kulturen, Altpapier, Alttextilien eingesetzt werden, was aber zu anderen Produkteigenschaften führt.*

und kann sich kaum in vorhandene Prozessketten eingliedern. Der Produktionsprozess in Nassphase mit extremer Schrumpfung und langen Standzeiten erfordert für Unternehmen aus dem Kunststoffbereich ein komplettes Umdenken. Vor allem aber ist Zelfo® weder ein Thermo- noch ein Duroplast, es kann nicht im (thermischen) Spritzguss- und auch nicht mit duroplastischen Verfahren verarbeitet werden.

4.3.3 Naturfaserprodukte auf RTM-Basis

Das niederländische Unternehmen NPSP Composieten BV aus Haarlem (NL), produziert diverse Produkte im RTM-Verfahren („Resin Transfer Moulding") (siehe Kapitel 4.1.6). Das Unternehmen nennt seinen Werkstoff „Nabasco" (= Nature Based Composites), wenn die Verstärkung mit Naturfaservliesen erfolgt. Die Vliese stammen aus Deutschland, als Fasern kommen Hanf und Flachs zum Einsatz. Anwendungsbeispiele sind Wegweiser-Pilze für Fahrradwege, Gehäuse von Radaranlagen (Naturfaser stören – im Gegensatz zu Glasfasern – die Radarstrahlen nicht), Boote, Möbel und Lautsprecher. NPSP produziert auch Wandelemente mit langen Hanffasern, bei denen die eingebetteten Fasern nicht nur für eine Verstärkung, sondern auch für einen 3D-Design-Effekt genutzt werden. (Böttger 2006)

Die Wegweiser-Pilze sind von der Stückzahl her das wichtigste Naturfaserprodukt, nachdem Kommunen und der niederländische Verkehrsverein beschlossen haben, im Rahmen einer nachhaltigen Produkt-/Einkaufspolitik NFK-Produkte in dieser Anwendung gegenüber Glasfaserprodukten zu bevorzugen. (Böttger 2006)

4.3.4 Spezialkoffer

Die deutsche Jakob Winter GmbH aus Nauheim produziert und vertreibt hochwertige Spezialkoffer für Musikinstrumente, Industrieprodukte und Waffen seit Jahren auch auf Basis von Hanf-/Flachs-Naturfasermatten im Formpressverfahren („GreenLine"). In Kleinserien wurden im Auftrag auch andere Produkte, wie z.B. Aktenkoffer, gefertigt.

Grundsätzlich würde es sich durchaus anbieten, auch Koffer-Großserien in Naturfaser-Formpresstechnik *(siehe Kapitel 4.1.2)* zu produzieren.

Hier erweist sich allerdings als Problem, dass solche Serienproduktionen primär in Asien ausgeführt werden und daher in Deutschland keine Unternehmen zu finden sind, die hierfür in Frage kämen.

So wird die NF-Formpresstechnik in Deutschland auf hochwertige, stabile und leichte Koffer in Kleinserie beschränkt bleiben. Aber auch in diesem Segment sind noch erhebliche Steigerungen möglich, da die Informationen über die neuen NFK-Werkstoffe und ihre Möglichkeiten noch wenig verbreitet sind.

4.3.5 Kosmetik-Verpackung, Bumerang, BioConceptCar, Schienenfahrzeuge, Helm, Kanadier, Modellflugzeuge und Bremsbeläge

Abbildung 55: Lippenstifthülle von Aveda aus PP-Flachs

Natürliche Verpackung für hochwertige Kosmetik

Der Kosmetik-Hersteller Aveda bietet eine Produktserie aus Naturkosmetik in einer wiederbefüllbaren Verpackung aus PP-NF (Flachsfasern) an. Damit ist ein weiteres NFK-Spritzgussprodukt außerhalb der Automobilbranche am Markt angekommen. Zwar kann man in diesem konkreten Fall kaum von einem Massenprodukt sprechen, denn die Artikel werden bundesweit nur in geringer Stückzahl in exklusiven Niederlassungen angeboten, aber das Beispiel zeigt, dass prinzipiell diese Märkte offen stehen. Weitere technische Details zum Produkt oder zur Marketingstrategie des amerikanischen Herstellers sind nicht öffentlich bekannt.

Flachs-Bumerang

Der erste Bumerang aus Kunststoff mit Flachsfasern wird vor allem online vertrieben. Holstein Flachs in Mielsdorf wirbt mit einer neuen, besseren Funktion des Produkts:

> „Flachs sorgt für einen verwindungssteifen Bumerang, der die Wurfenergie nicht in Eigenschwingung sondern in Weite umsetzt. (...) Die Flachsfasern erhöhen die Schlagzähigkeit des Materials um etwa das Vierfache: Nahezu bruchfest, weniger Kratzer, bessere Flugeigenschaften.“ (Linoshop 2006)

Abbildung 56: Sport-Bumerang aus mit Flachsfasern verstärktem Kunststoff

Quelle: Linoshop 2006

BioConceptCar

BioConceptCar – ein Ford Mustang, der nicht nur mit Biodiesel fährt, sondern auch Außenverkleidungsteile (Motorhaube, Kotflügel, Türen und Spoiler) aus nachwachsenden Rohstoffen besitzt, ist einmalig im deutschen Motorsport und wird erfolgreich in 24-Stunden-Rennen wie beispielsweise am Nürburgring eingesetzt. Neben der herausragenden Marketingwirkung sind Verkleidungsteile aus Bio-Verbundwerkstoffen (Naturfasern und naturbasiertes Harz im SMC-Verfahren) bis zu 40 % leichter als die Serienbauteile vergleichbarer Fahrzeuge – ein nicht unwesentlicher Vorteil im Rennsport. Federführend bei der Entwicklung waren das Kompetenznetz RIKO und die INVENT GmbH, beide aus Niedersachsen. (NP 2007-01-03)

NFK-Bauteile im Schienenverkehr

Eine Luftsäulenverkleidung für den LIREX-Experimental (Leichter Innovativer Regionalexpress) wurde in Zusammenarbeit von Alstom LHB, DLR und der INVENT GmbH entwickelt. Gefertigt wurde das Pressbauteil aus einem Hanfvlies und einer pflanzenölbasierten Matrix. Insgesamt wurden 42 Bauteile hergestellt, die nach DIN 5510-2 als S3, SR2, ST2 eingestuft wurden. Die im Jahre 2002 eingebauten Teile haben mittlerweile über 300.000 Zugkilometer zurückgelegt.

Im Anschluss daran wurden zwei weitere Bauteile für den Schienenverkehr entwickelt, eine Sitzkasten- und Sitzrückwandverkleidung für Züge der Hamburger Hochbahn. Dieses Bauteil wurde auf Serien-SMC-Werkzeugen im Formpressverfahren gefertigt. Als Material wurden ein Flachs-Jute-Vlies und ein pflanzenölbasiertes Polymer eingesetzt. Die Serie umfasste 280 Bauteile, die ebenfalls nach DIN 5510-2 als S3, SR2, ST2 eingestuft wurden. Im Jahr 2003 wurden die Teile in 5 Zügen der Baureihe DT4 verbaut und verhalten sich bis heute (2007) unauffällig, so dass sie nach wie vor im Einsatz sind. Projektpartner dieses vom Land Niedersachsen

geförderten Projektes waren Alstom LHB, DLR, und die INVENT GmbH. (Mette 2007)

Industrieschutzhelm

Ein weiteres Serienprodukt wurde in einem durch das Land Niedersachsen geförderten Projekt entwickelt: Ein Industrieschutzhelm aus Flachs-Baumwoll-Gewebe und einer pflanzenöl-basierten Matrix[53].

Ziel war es, einen Industrieschutzhelm zu entwickeln, der mindestens zu ca. 85 % aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen soll. Hierzu wurde ein geeignetes Faser-Matrix-System entwickelt, das die Anforderungen der für Industrieschutzhelme maßgeblichen Norm DIN EN 397 erfüllt. Parallel zu der Erarbeitung dieser rein werkstofflichen Grundlagen musste im Hinblick auf eine spätere Serienproduktion der Helmschalen ein in Bezug auf Produktivität und Qualität geeignetes Herstellungsverfahren bereitgestellt werden.

Die Messergebnisse lassen erkennen, dass die Anforderungen der DIN EN 397 von den Helmschalen aus Bio-Verbund in jedem Fall erreicht bzw. übertroffen werden. Durch einen optimierten Lagenaufbau sowie die Ausnutzung des Leichtbaupotenzials der Naturfasern ließ sich für die Helmschalen eine Gewichtsreduzierung von 5 – 10 % erreichen, was für den Tragekomfort der Schutzhelme eine wesentliche Verbesserung darstellt.

Entwickelt wurde das Produkt von 1998 bis 2001 durch die Partner Schuberth Engineering, DLR und INVENT GmbH. Im Anschluss daran hat die INVENT GmbH in den Jahren 2003/2004 über 4.000 Helmkalotten im Formpressverfahren hergestellt, die durch Schuberth Engineering ausgerüstet und unter dem Produktnamen „Bioshield“ vermarktet wurden. (Mette 2007, Riedel 2007)

Kanadier

Das jüngste Produkt in dieser Reihe ist ein Kanadier, der in den Jahren 2003 bis 2006 entwickelt wurde. Das FNR-geförderte Projekt wurde von den Partnern Sport Lettmann GmbH und INVENT GmbH umgesetzt. Die vier Prototypen wurden im Injektionsverfahren aus Flachs-Baumwoll-Gewebe und einem pflanzenölbasierten Polymer hergestellt. Derzeit (September 2007) befindet sich das Produkt noch in Praxiserprobung durch die Sport

53 *Ähnliche Helme sind bereits seit spätestens den 1960er Jahren am deutschen Markt, allerdings hergestellt mit einem Baumwollgewebe und einem konventionellen Duroplast.*

Lettmann GmbH. Die daraus resultierenden Erkenntnisse können Basis für eine spätere Serienfertigung sein. (Mette 2007)

Modellflugzeuge

Reimer-Modelltechnik (www.reimer-modelltechnik.de), einer der Entwickler der BioConceptCar und Hersteller von Modellflugzeugen in Liebenburg, steht mit einer eigenen Entwicklung kurz vor der Markteinführung: Ein wettkampftaugliches Modellflugzeug mit einer Spannweite von fünf Metern, verstärkt mit Naturfasern im SMC-Verfahren! Weitere Modelle sollen folgen. Hier stehen jedoch nicht nur die technischen Vorteile (vor allem die Gewichtsersparnis) der Naturfaser gegenüber der Glas- oder Kohlefaser im Mittelpunkt der Aktivitäten, sondern auch das Marketing von Naturfasern insgesamt: Ein Material, welches den hohen Belastungen im Flugsport – in Spitzen bis zu bis zu 10 G! – standhält, ist auch für zahlreiche weitere Anwendungen geeignet, beispielsweise für Motorhaube und Kotflügel eines Kraftfahrzeugs. (Reimer 2006)

Prozess-Hilfsfaser und Funktionsfaser bei Brems- und Kupplungsbelägen

Der Einsatz von Flachsfasern als Prozess-Hilfsfaser, aber auch als Funktionsfaser bei der Fertigung von Brems- und Kupplungsbelägen als Abestersatz ist für die Flachsanbieter ein interessanter, langsam wachsender und margenstarker Nischenmarkt. Verwendet werden hochreine und hochfeine Kurzfasern, die an derzeit fünf internationale Automobilzulieferer geliefert werden. Akteure, Mengen und technische Details dieser Anwendung sind nicht öffentlich verfügbar. (Heger 2006, nova 2007)

Bodenbeläge und Fensterrahmen in China

Hanf- und Flachsfasern werden in China in der Papier- und Automobilindustrie eingesetzt, aber auch als Verstärkung von Kunststoffen für Fensterrahmen und Bodenbeläge für den Innen- und Außenbereich. Diese extrudierten Produkte sollen auch bei der Olympiade 2008 in Peking im großen Stil zum Einsatz kommen. (Shi 2006)

Tabletts

Tabletts für Küchen, Haushalt, Restaurant oder Kantinen können prinzipiell sehr gut mit Hilfe der NF-Formpresstechnik produziert werden. Mehrere Unternehmen haben bereits Prototypen hergestellt, zu einer Serienfertigung ist es bislang nicht gekommen. In Belgien sind in Kanti-

nen und Restaurants häufig Tabletts zu finden, die mit einem Naturfasergewebe verstärkt sind. Weil die Kunststoffmatrix durchsichtig ist, bleibt das Gewebe sichtbar. Da Vliese deutlich preiswerter als Gewebe sind, könnten hier auch Flachs- oder Hanfvliese eingesetzt werden und die Produktionskosten senken. Es liegen allerdings keine näheren Informationen zu den Produkten bzw. seinen Herstellern vor.

4.3.6 Ausblick

Bei positiver Entwicklung der politisch-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und hohen Öl-, Kunststoff- und Glasfaserpreisen *(siehe Kapitel 6)* ergeben sich allein in der Automobil- *(siehe Kapitel 4.2)*, Konsumgüter- und Bau- und Möbelindustrie potenzielle Märkte in der Größenordnung einiger 100.000 t/Jahr. So würde ein Marktanteil von 5 % beim Kunststoffeinsatz in der deutschen Konsumgüterindustrie im Jahr 2020 in absoluten Zahlen bereits ca. 150.000 t/Jahr bedeuten. (Müssig & Karus 2007)

4.4 Dämmvliese aus Naturfasern

Zunächst soll auf den Gesamtbereich des Dämmstoffmarktes sowie seine Entwicklung der letzten Jahre eingegangen werden. Im Anschluss daran wird detailliert der wachsende Markt der Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen vorgestellt.

4.4.1 Entwicklung des Dämmstoffmarktes in Deutschland

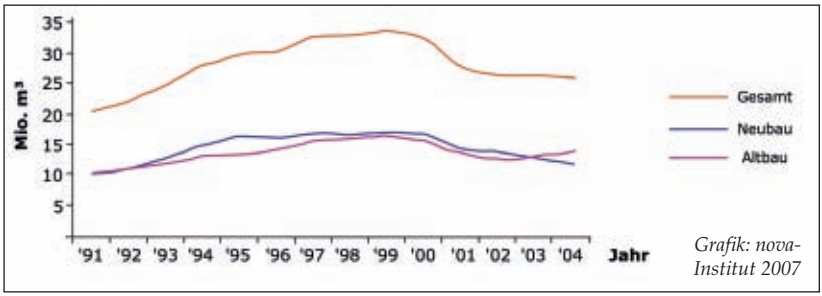
Der Dämmstoffmarkt in Deutschland ist in seiner Entwicklung eng mit dem Bausektor verknüpft. Letzterer befindet sich seit Jahren in der Krise und bewirkt somit auch eine negative Entwicklungstendenz auf dem Dämmstoffmarkt. So lag 1998 und 1999 der Absatz von Dämmstoffen bei rund 32 Mio. m^3. In 2005 ist neuesten Erhebungen zufolge der Dämmstoffmarkt auf 24,46 Mio. m^3 gesunken (Interconnection Consulting 2006a).

Die Unternehmen haben den mengenmäßigen Rückgang in Bezug auf den Wert durch Preiserhöhungen kompensieren können:

> „Steigende Energiekosten und Rohstoffpreise sorgten für Preiserhöhungen zwischen 6 und 9 % und ein wertmäßiges Wachstum des Gesamtmarktes von über 5 %, nachdem die Dämmstoffpreise bis 2003 beinahe 15 Jahre konstant geblieben waren.“ (Interconnection Consulting 2006a).

In den kommenden Jahren wird wieder ein leichtes Marktwachstum erwartet, so dass für 2008 insgesamt wieder das Mengenniveau von 2004 erwartet werden kann. Der Grund liegt in der erhöhten Renovierungstätigkeit in Deutschland, die die Schwäche des Neubaumarktes teilweise abfangen kann. Bereits seit 2003 übertrifft der Absatz von Dämmstoffen auf dem Renovierungs-/ Sanierungsmarkt den Absatz für Neubauten (Interconnection Consulting 2006a). Bestärkt wird dieser Trend durch die Einführung gesetzlicher Regelungen: Die Einführung des Energiepasses 2006 erhöht die Nachfrage nach Dämmstoffen zur Verwendung in Altbauten, während die Abschaffung der Eigenheimzulage in 2006 zu insgesamt geringeren Neubauzahlen und damit zur geringeren Nutzung von Dämmstoffen beiträgt.

Abbildung 57: Dämmstoffmarktentwicklung



Quelle: KWD 2005, nach Daten des GDI 2005

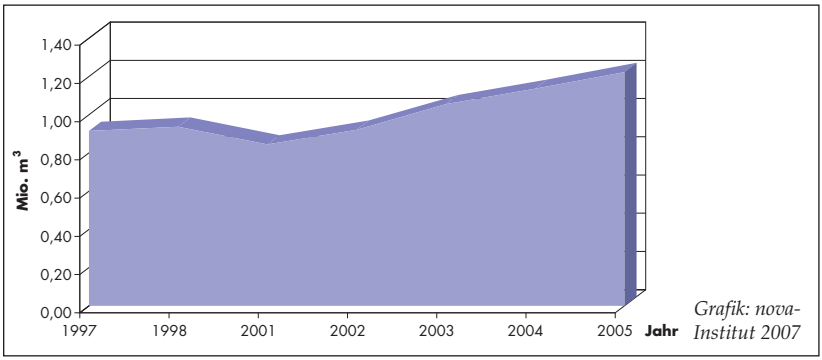
4.4.2 Eingesetzte Rohstoffe und Anteil alternativer Dämmstoffe

Eingesetzte Rohstoffe

Dominierender Rohstoff auf dem Dämmstoffmarkt bleibt auch in 2005 mit über 55 % die Mineralwolle, gefolgt von den synthetischen Dämmstoffen wie Expandiertes Polystyrol (EPS) oder Polyurethane (PUR). Ein wichtiger Grund für die dominante Stellung der Mineralwolle liegt in ihrem relativ günstigen Preis begründet.

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen konnten im selben Jahr ihren Anteil auf rund 5 % ausbauen (Interconnection Consulting 2006a). Insgesamt ist der Dämmstoffmarkt aus nachwachsenden Rohstoffen bezogen auf den Gesamtdämmstoffmarkt daher als klein einzustufen,

Abbildung 58: Entwicklung Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

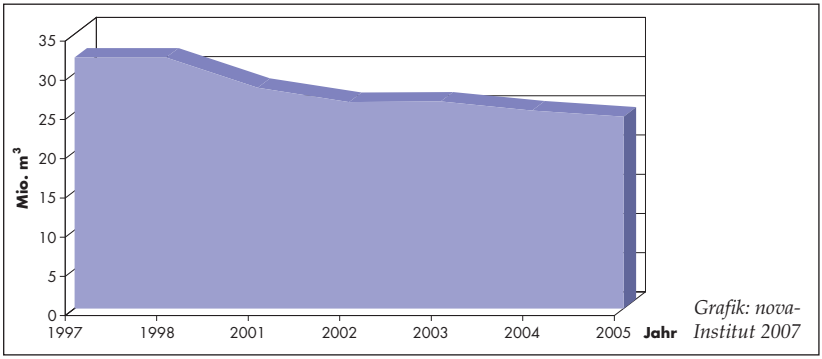


Quellen: ADNR 2004, FNR 2006a, Interconnection Consulting 2006a, GDI 2006

jedoch mit positiver Tendenz, wie auch in folgender Abbildung deutlich wird: Im Gegensatz zur negativen Entwicklung des Gesamtdämmstoffmarktes kann beim Markt für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen ein positiver Trend beobachtet werden.

Dies liegt einerseits am Markteinführungsprogramm der Bundesregierung *(weitere Details im folgenden Kapitel 4.4.3)* andererseits spielen jedoch auch die gestiegenen Rohstoff- und Energiepreise eine bedeutende Rolle (Interconnection Consulting 2006a).

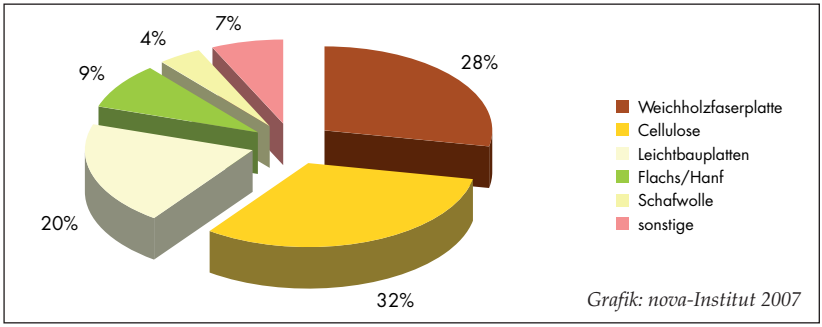
Abbildung 59: Entwicklung Gesamtdämmstoffmarkt (1997 – 2005)



Quelle: GDI 2006

Der Gesamtmarkt Naturdämmstoffe wird von Weichholzfaserplatten und Celluloseprodukten dominiert, während Dämmstoffe aus Flachs, Hanf und Schafwolle mit zusammen rund 13 % noch eine untergeordnete Rolle spielen, wie folgende Abbildung verdeutlicht:

Abbildung 60: Gesamtmarkt Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen



Quelle: FNR 2006a, nach Zahlen von GDI 2004

Die gesamte Produktionsmenge für Dämmstoffe aus Flachs und Hanf in Deutschland lag im Jahr 2005 bei ca. 85.000 m^3 (Hock 2006) – dies entspricht einem Anteil von rund 0,4 % am gesamten deutschen Dämmstoffmarkt.

4.4.3 Das Markteinführungsprogramm

Das vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) getragene Markteinführungsprogramm „Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen", welches den Einsatz von Naturdämmstoffen unterstützt, galt zunächst nur bis Ende 2006; eine Fortführung wurde in Brüssel beantragt:

> „Um eine Fortsetzung der Förderung zu erreichen, bemüht sich die FNR gemeinsam mit dem Bundeslandwirtschaftsministerium um die Verlängerung des Programms. Die Fortführung ist für ein Jahr beantragt worden". (FNR 2006c)

Im März 2007 genehmigte Brüssel eine weitere Verlängerung um ein (letztes) Jahr. Die FNR gab hierzu am 21.03.2007 folgende Pressemitteilung heraus:

„Förderung von Naturdämmstoffen geht weiter

Bund unterstützt Bauherren auch künftig mit einem Zuschuss für Naturfaserprodukte

Rückwirkend zum 1. Januar 2007 nimmt das Bundesverbraucherschutzministerium (BMELV) das Markteinführungsprogramm Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen wieder auf. Förderanträge können wie bisher bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) eingereicht werden.

Die Förderung war zunächst zum 31. Dezember 2006 ausgelaufen. Nun geht sie Dank des positiven Bescheids der EU bis zum Ende dieses Jahres weiter. Das ist eine gute und ersehnte Nachricht für alle gesundheits- und umweltbewussten Bauherren und Architekten.

Heute stehen Antragsstellern 20 förderfähige Dämmstoffe aus Flachs, Hanf u.a. nachwachsenden Rohstoffen von 13 Herstellern zur Auswahl, die durch die FNR finanziell unterstützt werden. Mit der heutigen Veröffentlichung der Richtlinie fällt der Startschuss für die Programmfortführung. Ab diesem Zeitpunkt können neue Anträge bei der FNR eingereicht werden. Die FNR ist als Projektträger des Ministeriums mit der Umsetzung des Programms betraut.

Bezuschusst wird wie bisher der Kauf von Wärme- und Schalldämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, die in der Förderliste aufgeführt sind. Die Förderhöhe richtet sich nach der Kategorie, in der das Produkt aufgeführt ist: Kategorie I umfasst alle Dämmstoffe, die nach den Standards von natureplus® zertifiziert sind. Diese werden mit 35 Euro je Kubikmeter Dämmstoff unterstützt. In der Kategorie II beträgt die Förderung 25 Euro pro Kubikmeter. Kleinstmengen unter fünf Kubikmetern werden bei der Förderung nicht berücksichtigt.

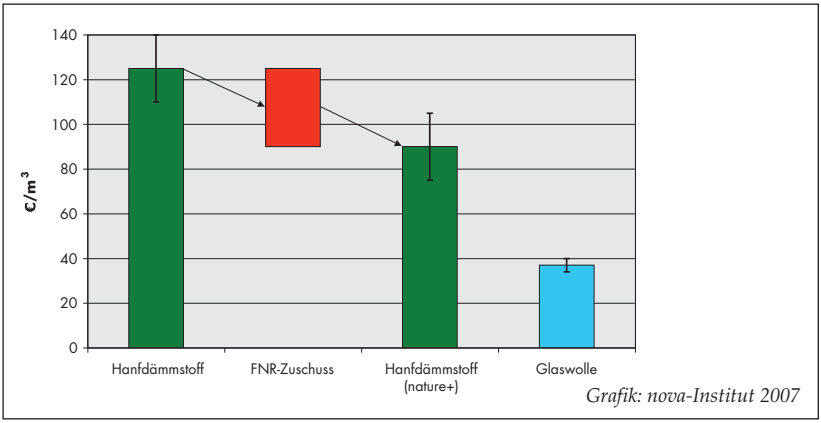
Anträge können sowohl Privatpersonen als auch gewerbliche Unternehmen stellen. Hersteller und Händler von Naturdämmstoffen sind von der Fördermaßnahme ausgeschlossen. Für die Antragstellung ist das vollständig ausgefüllte Antragsformular zusammen mit der Originalrechnung und dem Zahlungsnachweis bei der FNR einzureichen. Dabei muss die Antragstellung innerhalb einer Frist von drei Monaten nach Zahlung der Rechnung erfolgen.

Die zugrunde liegende Förderrichtlinie des Bundesverbraucherministeriums sowie die Antragsformulare, die Förderliste und alle weitere Informationen zum Förderprogramm stehen Ihnen im Internet unter www.naturdaemmstoffe.info zur Verfügung.

Telefonische Beratung zum Förderprogramm erhalten Sie unter 0 38 43-69 30-1 80.“ (NP 2007-03-21)

Bis Ende 2007 wird so der Kauf von natureplus®-zertifizierten Wärme- und Schalldämmstoffen aus Hanf, Flachs, Schafwolle, Getreidegranulat oder Wiesengras mit 35 € je m³ bezuschusst. Nicht natureplus®-zertifizierte Produkte erhalten nur 25 € je m³. Bis Mitte 2004 betrug die Förderhöhe 40 bzw. 30 € je m³. Weitere Details liefert die stetig aktualisierte Förderliste der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). Folgende Abbildung veranschaulicht die Preisreduzierung beispielhaft für einen natureplus®-zertifizierten Hanfdämmstoff.

Abbildung 61: Einfluss des Markteinführungsprogramms auf den Preis eines typischen Hanfdämmstoffs (in 2006 und 2007)

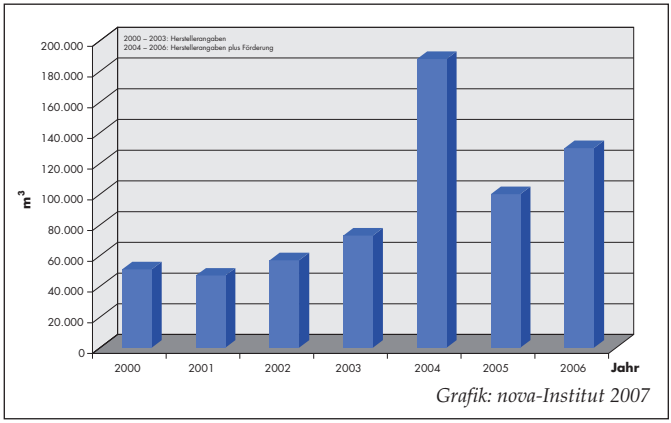


Grafik: nova-Institut 2007

Auswirkungen des Markteinführungsprogramms – Marktvolumen

Seit Beginn des Markteinführungsprogramms im August 2003 ist insgesamt ein deutlicher Anstieg der von der FNR geförderten Dämmstoffprodukte zu beobachten, wie auch in der folgenden Abbildung deutlich wird:

Abbildung 62: Entwicklung des Dämmstoffabsatzes der von der FNR geförderten Produkte



Grafik: nova-Institut 2007

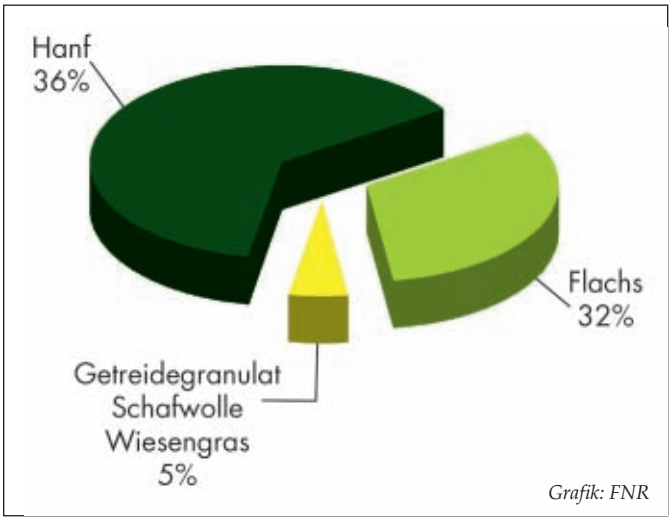
Quelle: Peterek 2007

Während in 2004 noch 97.500 m³ Dämmstoffe im Rahmen des Markteinführungsprogramms gefördert wurden, ist in 2005 ein leichter Rückgang auf rund 87.000 m³ zu verzeichnen gewesen. Ein möglicher Grund für diesen Rückgang könnte die in 2004 durchgeführte Senkung der Fördersätze sein. Im ersten Halbjahr 2006 liegt die geförderte Menge bei 34.000 m³, wobei gegen Ende des Jahres mit einem deutlichen Anstieg zu rechnen ist. Hierbei wird es sich jedoch um eine künstlich erzeugte Marktsteigerung handeln, da das Förderprogramm für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zunächst Ende 2006 auszulaufen schien *(s.o.)* und aus diesem Grund bisher noch unentschlossene Käufer die Fördermöglichkeiten ausnutzen werden (Peterek 2006).

Dämmstoffe aus Flachs- und Hanffasern

Von der in 2005 geförderten Dämmstoffmenge haben Hanf- und Flachsdämmstoffe einen Anteil von ca. 95 %. Dabei liegt die geförderte Hanfdämmstoffmenge bei 55.000 m³, gefolgt von 28.000 m³ Flachsdämmstoff. Daneben wurden lediglich 4.000 m³ Dämmstoffe aus Wolle, Getreide und Gras gefördert.

Abbildung 63: Anteile verschiedener NaWaRo-Dämmstoffe im Markteinführungsprogramm der FNR (2005)



Quelle: Peterek 2006

Umgerechnet betrug die Tonnage von gefördertem Hanf zur Dämmstoffproduktion in 2005 ca. 1.925 t, während jene von Flachs bei ca. 840 t lag.

Eigenschaften der Dämmstoffe

Die folgende Abbildung 64 zeigt exemplarisch die technischen Daten des Marktführers Thermo-Hanf (Thermo-Hanf 2007).

Die Wärmedämmklasse entspricht mit 040 der marktgängigen Mineralwolle. Naturfaserdämmstoffe haben gegenüber Mineralwolle eine höhere Wärmekapazität; hierdurch gelangt die Wärme im Sommer erst verzögert in die Dachzimmer. Der Aufbau der Dämmung erfolgt diffusionsoffen, die Naturfaserdämmung sorgt für ein feuchteausgleichendes Verhalten und ein angenehmes Raumklima. Im Gegensatz zu Mineralwolle erfolgt der Einbau ohne Jucken und Kratzen.

Abbildung 64: Technische Daten Thermo-Hanf

Bauaufsichtliche Zulassung	AbZ Nr. Z 23.16-1577									
Inhaltsstoffe	82 – 85 % Hanffasern, 10 – 15 % Bikofasern, 3 – 5 % Soda als Brandschutz									
Rohdichte	ca. 38 kg/m³									
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit λ	0,040 W/(m·K)									
Wärmedurchlasswiderstand R [m²·K/W]	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
bei Dicke [mm]	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180
Spezifische Wärmekapazität c	1.600 J/(kg·K)									
Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ	1 – 2									
Längenbezogener Strömungswiderstand	6,0 kPa·s/m³									
Baustoffklasse	B2, normalentflammbar									
Max. Einsatztemperatur	120 °C									
Anfälligkeit für Schimmel (nach EN ISO 846)	Kein Schimmelpilzwachstum feststellbar									
Lieferform	Matten oder Rollen									
Dicken	30 – 180 mm									
Standardmaße	Mattenware: 1.200 x 625 mm 1.200 x 580 mm (Holzbaumaß) 2.000 x 1.000 mm Rollenware: Länge 6,0 – 10,0 m (dickenabh.) Breiten von 625 oder 580 mm									
Sondermaße	Ab 40 Matten gleicher Breite bzw. 10 Rollen gleicher Breite Maßanfertigung ohne Aufpreis.									

Quelle: Thermo-Hanf 2007

Hersteller von natureplus®-zertifizierten Dämmstoffprodukten

In Deutschland existieren nur fünf Hersteller von Flachs- und Hanfdämmstoffen, die natureplus®-zertifizierte Produkte auf dem Markt anbieten. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Unternehmen – Deutsche Heraklith GmbH, PAVATEX GmbH, Flachshaus GmbH, STEICO AG, Hock

Vertriebs-GmbH & Co. KG, thermo-plastic Eiberger GmbH – finden Sie im Anhang.

Was passiert nach dem Ende des Markteinführungsprogramms?

Die Einschätzungen zu möglichen Auswirkungen der Beendigung des Markteinführungsprogramms für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zum Jahresende 2007 sind konträr[54]:

Einige Experten gehen, unabhängig von einer möglichen Beendigung des Markteinführungsprogramms, von einer weiterhin positiven Marktentwicklung für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen aus. Deren realer Anteil wird sich vor dem Hintergrund steigender Rohstoff- und Energiepreise sukzessive erhöhen und immer mehr Unternehmen werden die Produktion von Dämmstoffen beispielsweise aus Hanf, Flachs oder Schafwolle aufnehmen (Interconnection Consulting 2006a). Durch das bessere Marktangebot könnten infolgedessen auch die Preise sinken. „Die Arbeitsgemeinschaft Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen (ADNR) geht in der nächsten Zeit von weiteren positiven Marktentwicklungen aus." (FNR 2006a)

Andererseits gibt es jedoch auch Stimmen, die eine Verlängerung des Markteinführungsprogramms – evtl. auch in anderer Form – für unabdingbar halten.

> „Bevor die Maßnahme überhaupt am Markt richtig greifen kann, soll sie schon wieder abgebrochen werden. In dieser kurzen Zeit konnten nicht die gewünschten Skaleneffekte bei den Herstellern erreicht werden. Es wäre deshalb wichtig, dass das Programm vorerst nochmals um 2 Jahre verlängert wird". (Hock 2006)

Andere Hanfdämmstoff-Hersteller befürchten große Unsicherheit hinsichtlich ihrer getätigten Investitionen und plädieren daher ebenfalls für die Fortführung des Programms, wenn auch vermindert oder in anderer Form.

Inwiefern es nach einer Beendigung des Markteinführungsprogramms zu einer Verschiebung der Marktanteile hin zu anderen Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen oder zu konventionellen Dämmstoffen kommen wird, ist nicht eindeutig zu prognostizieren (Peterek 2006).

54 *Die hier zitierten Aussagen bezogen sich auf das befürchtete Auslaufen des Markteinführungsprogramms bereits zum Ende des Jahres 2006, bleiben aber auch nach der Verlängerung um ein Jahr sinngemäß richtig.*

Ausblick

Insgesamt besteht derzeit eine schwierige Konkurrenz- und Absatzsituation für die deutschen Produzenten von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen. Nicht nur das Ende des Markteinführungsprogramms Ende 2007 könnte sich auf die deutschen Produzenten negativ auswirken, sondern auch europäische Konkurrenzprodukte. Die deutsch-polnische Firma Steico beispielsweise hat von Bioinnova (Österreich) eine Aufschluss- und Vliesanlage gekauft und in Polen wieder aufgebaut. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass ab 2007 preiswertere Hanfdämmstoffe aus Polen auf dem deutschen Markt angeboten werden (Hemp 2006).

Naturfaser-Dämmprodukte ersetzen grundsätzlich auch zukünftig andere Dämmstoffe nicht im großen Stil, sondern sie erweitern das Angebot. Defizite bestehen derzeit, neben den höheren Preisen, bei der Mengenverfügbarkeit und teilweise bei Einbaubeschränkungen beim gegenwärtigen Stand der Technik und Normung sowie bezüglich des Brandschutzes. Zukünftig könnte der Anteil von Naturfaser-Dämmprodukten etwa 10 % des Gesamtmarktes erreichen (Eicke-Henning 2006).

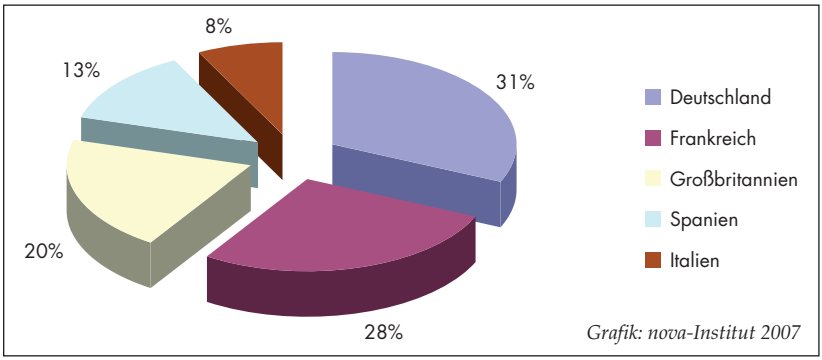
Aber auch hier gilt, wie in Kapitel 4.1.1 und am Ende von 4.2 und 4.3 angesprochen: Bei geeigneten wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen, hohen Produktionskosten für Mineral- und Glaswolle aufgrund deren hoher Energieintensität und stärkerer Berücksichtigung von CO_2-Emissionen *(vgl. Kapitel 2.2.3 und Kapitel 6)* können sich für Flachs und Hanf im Dämmstoffmarkt auch sehr viel größere Märkte auftun. Die Angaben über die Gesamtmärkte geben ein Gefühl von den Potenzialen, wenn – statt heute 0,4 % Anteil – Flachs und Hanf am aktuellen Gesamtdämmstoffmarkt zukünftig 1 %, 10 % oder auch 30 % des Marktes erschlossen werden könnten.

4.4.4 Dämmstoffmarkt in Europa

Marktvolumen

Der europäische Markt für Dämmstoffe stieg seit 1991 um rund 50 % und erreichte 2005 77,07 Mio. m^3, wohingegen der Dämmstoffmarkt in Deutschland im gleichen Zeitraum lediglich um rund 19,5 % von rund 20 Mio. m^3 über 24 Mio. m^3 zulegen konnte. Trotz Wiedervereinigung und „Aufbau Ost“ wuchsen die Bau – und Dämmaktivitäten in anderen europäischen Ländern schneller als in Deutschland.

Abbildung 65: Die größten Dämmstoffmärkte Europas 2005



Quelle: Interconnection Consulting 2006a

Prozentuale Anteile verschiedener Dämmstoffe

In Europa ist Glaswolle mit 39,2 % Mengenanteil der bedeutendste Dämmstoff, wobei dieser Anteil in der Zukunft vermutlich eher zurückgehen wird. Auf Platz zwei folgt EPS mit 28,4 %, während andere synthetische Dämmstoffe wie PUR (7 %) und XPS (extrudiertes Polystyrol) (7,3 %) die höchsten Wachstumsraten zu verzeichnen haben.

> „Es zeigt sich beim Dämmen ein klares „Nord-Süd-Gefälle". Liegen Mineralwolldämmstoffe in den großen und „kälteren" Märkten Deutschland (55,6 %), Großbritannien (42,5 %) und Frankreich (73,6 %) voll im Trend, sind Dämmstoffe wie EPS, XPS und PUR vor allem in Italien (69,2 %) und Spanien (57,5 %) „en vogue"." (Interconnection Consulting 2006b)

Nachwachsende Rohstoffe als Dämmmaterial

Neben Deutschland werden Naturfaser-Dämmstoffe – meist Flachs, Hanf und Baumwolle – aktuell in Frankreich (mehrere Hersteller, *s.u.*), Polen (deutsch-polnisches Unternehmen Steico) und in geringen Mengen in der Tschechischen Republik und den skandinavischen Ländern Dänemark, Schweden und Finnland hergestellt. Die größte Nachfrage nach diesen Dämmstoffen kommt aus Deutschland, Frankreich und zunehmend aus Großbritannien *(siehe auch Kapitel 5.1.2.4)*.

In Großbritannien gibt es derzeit keine Produzenten für Hanf- und Flachsdämmstoffe mehr, jedoch ist es möglich, neben französischen Naturfaser-Dämmstoffen und auch das deutsche Produkt „Thermo-Hanf" zu beziehen, welches von der Firma Hock produziert wird. (Newman 2006)

Nach dem Ende der Firma Bioinnova gibt es aktuell auch keinen Produzenten mehr in Österreich.

In Frankreich gibt es mehrere Naturfaser-Dämmstoffhersteller, darunter die Firma ISONAT/Buitex Recyclage (Produkt: Isonat® Chanvre) und die Firma Effiréal. Zum Einsatz kommen bei diesen und weiteren Produzenten Hanffasern aus Frankreich und Großbritannien sowie Flachsfasern aus Frankreich und Belgien. Manche Produzenten verwenden nur Hanf oder nur Flachs, teilweise in Verbindung mit Polyester-Vliesen oder Reißbaumwolle. Ca. 80 – 90 % der Dämmstoffe kommen in Frankreich zum Einsatz, etwa 10 % werden nach Großbritannien exportiert. (Hobson 2006)

In Frankreich und seit kurzem auch in Großbritannien wächst das Interesse am Hausbau mit Hanfschäben in der Verbindung mit Kalk. *(Nähere Informationen zu diesem Thema in Kapitel 5.1.2.4.)*

4.5 Zellstoff und Papier

4.5.1 Einleitung

Geschichte

Das erste nachgewiesene Papier der Welt wurde aus Hanf hergestellt: Es blieb ein Stück Hanfpapier aus der Zeit von 140 bis 87 v. Chr. erhalten. Obwohl sich Papier bereits kurz nach 105 n. Chr. in China für Schriften durchgesetzt hatte, gelangte die Technik erst im 13. Jahrhundert n. Chr. über den vorderen Orient nach Europa und erreichte schließlich im 14. Jahrhundert Deutschland – rechtzeitig für die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern durch Gutenberg *(siehe Kapitel 1.1.2)*.

Prinzipiell sind alle zur Textilherstellung geeigneten Fasern auch zur Papierherstellung geeignet. Der altertümliche Begriff „Hadernpapier" erinnert noch an diesen engen Zusammenhang: Papier wurde ursprünglich nicht aus Holz und aus Kostengründen auch nur selten aus Frischfasern, sondern aus Lumpen, den sog. „Hadern", hergestellt, welche ihrerseits in der Regel aus Leinengeweben (es gab früher Flachs- und Hanfleinen; das Wort „Leinen" oder „Linnen" stand ursprünglich eher für eine Textilart („Leinwandbindung") als für eine Pflanze (Lein = Flachs)) bestan-

den. Die Verfügbarkeit von Lumpen begrenzte das durch die Entwicklung des Buchdrucks stark nachgefragte Papierangebot. Erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts gelang es technisch bzw. chemisch Holz entsprechend aufzubereiten; seitdem expandiert die Papierindustrie.

Vorteile

Die Vorteile der Zellstoffe und Papiere aus Flachs- und Hanffasern sind ihre höhere Zug-, Reiß- und Nassfestigkeit, geringe Dichte, höhere Opazität, geringerer Ligningehalt und die im Vergleich zu Holzfasern um den Faktor 4 bis 5 größere Faserlänge. (Karus et al. 2003)

Die Zellstoffgewinnung aus diesen Fasern ist an sich weniger aufwändig, denn sie enthalten deutlich weniger Lignin als Holz. Andererseits lassen sich Hanf und Flachs wie alle Naturfasern aufgrund ihrer Faserlängen nur in speziellen Verfahren zu Zellstoff aufschließen. Eine solche Spezialzellstoffproduktion in Deutschland ist damit mangels geeigneter Anlagen derzeit und in naher Zukunft nicht möglich. (Thiel 2006)

Nachdem entsprechende Anlagen in Großbritannien schließen mussten, stammen die EU-Produzenten von Flachs- und Hanfzellstoff vor allem aus Frankreich, in weitem Abstand gefolgt von Spanien und Tschechien.

Preise

Zellstoffe aus Flachs und Hanf sind etwa drei- bis sechsmal teurer als herkömmliche aus Holz (Ernst & Young 2005), andere Quellen sprechen von vier- bis fünfmal und nennen als typischen Preis ca. 2.000 €/t (Kaup & Karus 2000, Karus et al. 2003). Aber auch diese teuren Spezialzellstoffe finden ihre Märkte, vor allem als Zigarettenpapier in der Tabakindustrie *(siehe Kapitel 4.5.2)*.

Ob Preissteigerungen durch den evtl. Wegfall der EU-Verarbeitungsbeihilfe für Flachs- und Hanf-Kurzfasern (siehe Kapitel 6.1.2) am Markt durchsetzbar sein werden, ist schwer einzuschätzen. Grundsätzlich könnte die Zigarettenpapier-Industrie auch nach Asien, Afrika oder Südamerika ausweichen und dort aus Jute, Kenaf oder Sisal vergleichbare Spezialzellstoffe produzieren. Dagegen sprechen allerdings deutliche Preissteigerungen für exotische Naturfasern in den letzten drei Jahren *(siehe Kapitel 3.2.3)*.

In der deutschen Papierindustrie lag der Jahresverbrauch an Spezialzellstoffen aus Faserpflanzen bei ca. 33.000 t/Jahr (1995) und ca. 38.000 t/Jahr (1999); die wichtigsten Faserlieferanten waren Baumwoll-Linters (25.000 bzw. 30.000 t/Jahr), Abaca (5.000 bzw. 5.600 t/Jahr) und Flachs &

Hanf (700 bzw. 200 t/Jahr) sowie sonstige (Esparto, Bambus etc.) (2.300 bzw. 2.700 t/Jahr) (Kaup & Karus 2000).

In anderen europäischen Ländern, vor allem Frankreich, haben Zellstoffe aus Flachs und Hanf im Bereich der Spezialzellstoffe eine erhebliche größere Bedeutung. *In welchen hochwertigen Nischenprodukten Flachs- und Hanfzellstoffe ihren Markt finden, siehe Kapitel 4.5.2.*

Einsatz in Massenzellstoffen?

Einjährige Faserpflanzen wie Flachs, Hanf oder Baumwolle schonen zwar den natürlichen oder naturnahen Wald und bringen (bis zu vierfach) höhere Jahreshektarerträge als Holz, zur Deckung des Bedarfs an Massenzellstoffen mit Einjahrespflanzen bräuchte man aber enorme Anbauflächen. Außerdem gibt es Schwierigkeiten mit der permanenten Verfügbarkeit der Fasern, woraus hohe Anforderungen an Lagerung und Logistik resultieren, die bislang in den meisten Projekten nicht gelöst werden konnten.

> „Um eine kontinuierliche Versorgung zu gewährleisten, müssten die saisonweise anfallenden Fasern gelagert werden. Dazu wäre eine Trocknung erforderlich. Außerdem müssten hohe Lagerkapazitäten geschaffen werden, da der „sperrige" Hanf eine Menge Platz beansprucht. Diese Probleme machen ihn als Papierrohstoff relativ teuer." (Modulor 2006)

Der Massenzellstoffmarkt ist ein Markt von gänzlich anderen Größeordnungen als der Spezialzellstoffmarkt:

> Das Marktvolumen für Holz- und Zellstoff (in Deutschland) belief sich im Jahr 2004 auf 6,3 Mio. t mit einem Marktwert von etwa 2,7 Mrd. €. Die hierfür benötigten Holzmengen stellen ein Umsatzvolumen von etwa 380 Mio. € dar. Holz- und Zellstoffe werden fast vollständig zur Papier-, Karton- und Pappeproduktion verwendet." (Schmitz et al. 2006a)

Bei weiter steigenden Holzpreisen könnten Einjahrespflanzen aber durchaus mittel- bis langfristig wieder interessant werden. Außerdem ergeben sich aufgrund ihrer längeren Fasern Möglichkeiten zur Verbesserung von Recyclingpapieren. *Siehe hierzu Kapitel 4.5.3.*

4.5.2 Spezialzellstoffe – Wichtige Märkte für Flachs und Hanf

Europaweit ist nach der Textilindustrie (ca. 41 %) die Papier- und Zellstoffindustrie (ca. 33 %) der wichtigste Abnehmer für Flachskurzfasern. Jährlich

werden ca. 25.000 t im Wert von ca. 4,3 Mio. € abgefragt; dies entspricht etwa 18 % des Umsatzes von Flachskurzfasern *(siehe Kapitel 1.3.1.1)*. Die Flachsfasern werden sowohl für Spezialzellstoffe als auch als Beimischung zu Standardzellstoffen eingesetzt.

Der Papiermarkt ist damit ein besonders wichtiger Markt für die Flachsbranche, vor allem, da er große Mengen von mehr oder weniger entholzten Fasern von geringer Qualität – für die Herstellung von einigen Spezialpapieren ist sogar ein hoher Verunreinigungswert günstig – aufnehmen kann. In der Regel sind die Fasern Nebenprodukte der Textilindustrie. (Ernst & Young 2005)

Tabelle 23: Mengenbilanz Hanf- und Flachsfasern für die Spezial-Zellstoffproduktion in der EU im Jahr 2000[55]

Verarbeitungsstufe	Menge
Produktion an Flachs- und Hanffasern für Zellstoffe in der EU	ca. 55.000 t (*)
davon: – für Spezialzellstoffe (ca. 75 %) – für ‚normale' Papierzellstoffe (ca. 25 %)	 ca. 41.250 t ca. 13.750 t
Produktion an Flachs- und Hanf-Spezialzellstoffen	ca. 30.000 t

Quelle: Kaup & Karus 2000

Bei der Hanffaser gingen im Jahr 2003 ca. 20.700 t der europäischen Produktion in die Papierindustrie, hiermit wurden ca. 83 % des Umsatzes erzielt *(siehe Kapitel 1.3.1.2)*. Hanffasern werden im Zellstoffbereich fast ausschließlich für Spezialzellstoffe eingesetzt, ihr Marktpreis liegt deutlich über dem Preis von Flachsfasern *(siehe Kapitel 1.3.1.2)*.

Hanffasern für die Zellstoffindustrie werden mit Hammermühlen produziert *(siehe Kapitel 2.4)* und sind kein Nebenprodukt einer anderen Industrie. Die grob entholzte Hanffaser kann bis zu 25 % Schäben enthalten, die im weiteren Prozess nicht stören bzw. bei der Herstellung von einigen Spezialpapieren sogar erwünscht sind. Die geringe Entholzung mit Hammermühlen, die einen hohen Durchsatz aufweisen, ermöglicht vergleichsweise geringe Produktionskosten. (Ernst & Young 2005)

55 *Nach Ernst & Young 2005 sind es im Jahr 2003 nur ca. 46.000 t; es kann nicht geklärt werden, ob es sich tatsächlich um einen solchen Rückgang handelt oder die unterschiedlichen Erhebungsmethoden wesentliche Ursache dieser Abweichung sind.*

Die Beziehungen zwischen Landwirten, Faserproduzenten und Industriebetrieben sind in der Zellstoff- und Papierbranche besonders solide und klar strukturiert:

> „Bedeutende Mengen des europäischen Flachs und Hanfmarktes sowohl für die Erzeuger als auch für die nachgelagerten Industriezweige sind in diesen Markt eingebunden. Im Gegensatz zu den langen Flachsfasern, die hauptsächlich an Industrien außerhalb der EU25 geliefert werden, werden die Hanffasern und die kurzen Flachsfasern an die Industrien europäischer Zweitverarbeiter geliefert, die zum Großteil in der Nähe der Produktionsgebiete und Erstverarbeiter dieser Fasern angesiedelt sind. Vertragliche Beziehungen (...) oder sogar Kapital-Beziehungen (Hanfverarbeiter können auch Papiererzeuger sein) sind sehr weit verbreitet." (Ernst & Young 2005)

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Kaup & Karus 2000 in Ihrem „Fazit zur Marktstruktur":

> „Abschließend kann zur Marktstruktur im Bereich Spezialzellstoffe/Spezialpapiere festgehalten werden, dass der Markt durch international agierende Großkonzerne beherrscht wird, welche i.d.R. integrierte Produktionen aufweisen und somit Spezialzellstoffproduktion und Spezialpapierherstellung in ihren jeweiligen Nischenmärkten vereinen."

Diese Marktstruktur zeigt wenig Dynamik und eine Schwäche an Innovationen. In derselben Studie wurden die Chancen neuer Hanfspezialzellstoff-Produzenten untersucht, mit dem Ergebnis,

> „..., dass die existierenden Märkte für Spezialzellstoffe keine Wachstumsmärkte sind, sondern es sich i.d.R. um traditionell entstandene Nischen-Märkte handelt. Neue Anbieter stehen vor dem Problem, neue Nischen zu erschließen bzw. in einen Verdrängungswettbewerb mit etablierten Anbietern zu treten. Des Weiteren bestehen häufig integrierte Produktionen von global agierenden Großunternehmen, so dass die benötigten Spezialzellstoffe ausgerichtet auf die jeweilige Produktlinie im eigenen Haus produziert werden können und somit kein Bedarf an externen Spezialzellstoffen besteht." (Kaup & Karus 2000)

Produkte

Das mit Abstand wichtigste Produkt ist Zigarettenpapier, vor allem für die Zigaretten der multinationalen Tabakkonzerne in Nordamerika und Europa, als auch Selbstdreh-Blättchen (fast alle bekannten Produzenten wie OCB, Gizeh oder Efka bieten inzwischen „Blättchen" mit hohem Anteil an Hanffasern an). Die Zigarettenpapiere für Fertigzigaretten enthalten meist ca. 80 – 90 % Flachs- und 10 – 20 % Hanffasern.

Weitere Märkte sind feine Spezialpapiere, technische (z.B. dielektrische Papiere) und medizinische (z.B. Kosmetikindustrie) Papiere und in geringem Maße auch Geldscheine[56] (früher ein wichtiger Markt). Der Umsatzwert liegt mit ca. 12 Mio. € auf hohem Niveau (Ernst & Young 2005). Grund-

sätzlich könnten Flachs- und Hanfzellstoffe auch im Bereich neuer Werkstoffe zum Einsatz kommen; diese Anwendungen sind aber bis jetzt noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium.

Die Flachs- und Hanfverarbeiter bedienen in Europa vor allem die spezifische, stabile Nachfrage der Zigarettenproduzenten. Die Entscheidungen für diesen Rohstoff kommen von der Tabakindustrie, die bei einer Umstellung der Papiere auf andere Ausgangsmaterialien – technisch wäre eine Umstellung auf preiswertere Holz-Kraftzellstoffe heute kein Problem mehr – eine geschmackliche Beeinträchtigung fürchtet. Deshalb gelten für die Tabak-Konzerne bisher Flachs- und Hanfzellstoffe – zumindest als Beimischung – als erste Wahl.

Die gesamte EU-Spezialzellstoff-Produktion aus Flachs- und Hanffasern ist auf den französischen Raum konzentriert – abgesehen von neuen Aktivitäten in Tschechien, deren Volumen man noch abwarten muss.

Einzelne, spezialisierte Papierfabriken in Nordamerika und Europa importieren diesen Zellstoff und produzieren daraus Papiererzeugnisse auch in den übrigen Ländern, so auch in Deutschland. Sie haben Hanfpapiere in ihrer Standardkollektion (z.B. Büttenpapierfabrik Gmund GmbH & Co. KG: ca. 5 – 10 t/a) oder fertigen im Kundenauftrag, beispielsweise Banknoten für arabische Länder. (Büttenpapierfabrik 2006 und Wohlmannstetter 2006)

56 *Es wurde eine Chance für die europäische Naturfaserindustrie vertan, als entschieden wurde, die Euro-Scheine aus US-Baumwolle zu produzieren. Vermutlich war den Verantwortlichen nicht einmal bewusst, dass eine gute Alternative aus EU-Produktion zur Verfügung stand.*

Tabelle 24: Wichtigste Spezialpapier-Produktlinien mit Machbarkeit für Hanfzellstoffe

Produktlinie	Heutige Rohstoffe	Anforderungsprofil	Technische und ökonomische Machbarkeit mit Hanfzellstoff
Filter- und Zigarettenpapiere			
Technischer Bereich, z.B. Staubsaugerbeutel	Mischungen aus Abaca-Zellstoff, Holzzellstoff, Baumwoll-Linters	– feine und gleichzeitig hohe Porösität – hohe Reißfestigkeit	– technisch sehr gut geeignet – ökonomisch interessant bei der Substitution von Abaca-Zellstoff
Zigarettenpapier	primär Mischungen aus Flachs/Hanf mit Holzzellstoffen (20/80), in Einzelfällen auch 100 % Flachs/Hanf (90/10) oder 100 % Hanf; zunehmend Substitution durch Langfaser-Sulfatzellstoffe aus Holz	– hoher Weißgrad – niedriger Aschegehalt – hohe Opazität – niedriges Flächengewicht – gute Reißfestigkeit, auch bei Speichel	– technisch seit langem realisiert – Marktführer Frankreich
Büro-/ Administrations- und Feinpapiere			
Banknoten	überwiegend Baumwollkämmlinge und Linters	– hohe Alterungsbeständigkeit – hohe Opazität – niedriger Ligningehalt – hohe Reißfestigkeit – hohe Falzfestigkeit (hohes Falzen ohne Beeinträchtigung der Reißfestigkeit)	– technisch sind Hanfzellstoffe wegen ihrer Reißfestigkeit, Alterungsbeständigkeit, weichem textilen Griff und Falzfestigkeit etc. gut geeignet – ökonomisch ist der mengenmäßig interessante Markt allerdings nur schwer zu durchdringen, da dieser Markt von den weitaus günstigeren, insbesondere amerikanischen Baumwollzellstoffen belegt ist

(Quelle: nach Kaup & Karus 2000; gekürzte Darstellung)

Buch- und Schreibpapiere

Nach der Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf in den 1990er Jahren *(siehe Kapitel 1.2.2)* war das Interesse an Buch- und Schreibpapieren aus Hanf groß. Das größte deutsche Papierhandelshaus Schneidersöhne kaufte teuren französischen Hanfzellstoff und verarbeitete ihn in Deutschland zu einer umfangreichen Papierkollektion für Buch- und Schreibpapiere, Briefumschläge und Präsentationspapiere (teilweise 100 % Hanf!). Die Produktion war dabei nur an wenigen Standorten in Deutschland auf alten Papiermaschinen möglich.

Einzelne Buchverlage setzten das teure Hanfpapier sogar für eine Reihe von Büchern ein. Aber auch in den besten Jahren 1997/98 konnten über diesen Weg nicht mehr als 100 bis 200 t/Jahr abgesetzt werden. Nachdem sich die „Modewelle" um Hanf wieder gelegt hatte, ging der Absatz sogar auf 30 – 40 t/Jahr zurück und die Kollektion wurde zurückgefahren. Ein Grund für die sinkende Nachfrage war, neben den höheren Preisen, die Nicht-Verfügbarkeit von chlorfrei gebleichtem Hanfzellstoff. Einige Verlage und Umweltorganisationen wollten mit der Verwendung von Hanfzellstoff ein ökologisches Zeichen setzen und verlangten daher konsequenterweise chlorfrei gebleichten Zellstoff, der am Markt aber bis heute nicht verfügbar ist. Sollte es einen solchen Zellstoff geben, so könnten allein in Deutschland sicherlich einige hundert Tonnen chlorfrei gebleichter Hanfzellstoff abgesetzt werden – natürlich nicht genug, um eine solche Produktion zu starten. (Schlegelmilch 2000)

Heute ist edles Hanfpapier auf einen kleinen Nischenmarkt beschränkt. Der edle Glanz und die besondere Haptik von Hanfpapier machen das Papier zu einem Produkt für Verbraucher, die auf eine besondere Note Wert legen und bereit sind, einen höheren Preis dafür zu bezahlen. Die Produkte sind vor allem Einladungskarten, Briefpapier und Präsentationsmappen.

Anmerkung – Teebeutel aus Hanf?

An Teebeutel werden besonders hohe Anforderungen gestellt, sie dürfen auch nach etlichen Minuten im Tee nicht reißen. Die mit Abstand besten Eigenschaften für diese Anwendung liefern die Fasern der Abaca-Pflanze, einer Faserbanane *(Musa textilis)*, die vor allem auf den Philippinen kultiviert wird. Nahezu alle Teebeutel weltweit werden heute aus Abaca-Fasern produziert. Abaca wird teilweise auch als „Manila Hanf" bezeichnet; dieser Name ist jedoch irreführend, da Abaca nicht mit Hanf verwandt ist, der aus der Familie der *Cannabinaceae* stammt.

Versuche, Abaca-Fasern durch Hanffasern zu substituieren, waren bislang von wenig Erfolg gekrönt. Es ist nicht zu erwarten, dass Flachs und Hanf in dieses Segment vorstoßen können.

4.5.3 Massenzellstoffe und Einsatz in Recyclingpapieren

Seit den 80er Jahren gab es in Europa und auch Kanada immer wieder Projekte, in denen untersucht wurde, ob Flachs- und Hanffasern mit Hilfe von neuen, preiswerten Produktionsverfahren nicht doch für den Einsatz in Massenzellstoffen tauglich gemacht werden können. Bislang hat keines dieser Verfahren die Serienreife erreicht.

Ebenso gab es Projekte, die zwar einen (etwas) höheren Zellstoffpreis akzeptierten, den höherwertigen Flachs- und Hanfzellstoff dann aber gezielt zur Verbesserung von Recycling-Papieren nutzen wollten. Auch dies konnte bislang nicht kommerziell umgesetzt werden.

Seitdem die Holzpreise, vor allem durch die Nachfrage aus dem Energiebereich, deutlich angestiegen sind, erwacht ein neues Interesse am Hanf als Zellstofflieferant (werden die Pflanzen bzw. die Fasern insgesamt als Lieferant für Zellstoff genutzt, ist Hanf aufgrund seiner höheren Erträge gegenüber Flachs im Vorteil). Es bleibt allerdings fraglich, ob die hohen Lager- und Logistikkosten, die bei Einjahrespflanzen auftreten, tatsächlich aufgefangen werden können *(siehe auch Kapitel 4.5.1)*.

Pierre Bouloc stellte auf der vierten Internationalen Konferenz der European Industrial Hemp Association (www.eiha.org) im November 2006 in Hürth neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Nutzung von Hanf in der Papierindustrie vor (Bouloc 2006b). Zum einen betonte er den zunehmenden Bedarf an längeren Fasern (Anteil am Zellstoff 5 – 10 %), um die Eigenschaften von Recyclingpapier auch nach mehrmaligem Recycling auf gutem Niveau zu halten. Sicherlich ist Hanf hierzu technisch bestens geeignet, allerdings scheinen die jetzigen Beimischungen von hochwertigem Holz-Frischzellstoff noch einfacher bzw. preiswerter zu sein.

Bouloc berichtete dann aber von aktuellen Versuchen eines französischen Zellstoffproduzenten in Nordfrankreich, Hanf als Ganzpflanze für den Zellstoffprozess zu nutzen, um durch den Wegfall des Faseraufschlusses die Produktionskosten erheblich zu senken. Nun müssen zwar statt 5 – 10 % nunmehr 15 – 20 % dieses Zellstoffs dem Recyclingpapier beigemischt werden, dennoch scheint dies technisch machbar und ökonomisch inter-

essant zu sein. Statt drei- bis viermal soll das Papier beim Einsatz von Hanf acht- bis neunmal recycelt werden können. (Bouloc 2006b)

Folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Kennwerte für Hanf im Vergleich zu Holz als Zellstofflieferant; die Tabelle zeigt, dass Hanf auch als Ganzpflanze eine interessante und mit Holz vergleichbare Zusammensetzung aufweist

Tabelle 25: Wichtigste Inhaltsstoffe von Hanf und Holz für die Zellstoffnutzung

	Hanf Ganzpflanze	Hanf Bastfaser	Nadelholz	Laubholz
Holocellulose	80 – 83 %	81 – 86 %	75 – 85 %	60 – 70 %
Alpha-Cellulose	50 – 55 %	65 – 67 %	58 – 61 %	45 – 55 %
Lignin	17 – 20 %	8 – 10 %	23 – 36 %	20 – 25 %

Quelle: Bouloc 2006b

4.5.4 Ausblick

Hochpreisige Flachs- und Hanfzellstoffe finden im traditionellen Spezial-Zellstoff/Papiermarkt nur stagnierende oder sogar abnehmende Märkte. Die Notwendigkeit, teure und technisch ungewohnte Zellstoffe einzusetzen, ist in den traditionellen Märkten zurückgegangen, da mit preiswertem Kraft-Zellstoff und Additiven ein sehr weites Spektrum abgedeckt werden kann. Zudem werden Baumwoll-Zellstoffe aus textilen Nebenströmen gespeist und sämtliche Bast- und Blattfasern wie Jute, Kenaf, Sisal, Abaca usw. können für Langfaser-Zellstoffe genutzt werden.

Aber auch im traditionellen Markt gibt es noch Optionen jenseits von Zigarettenpapier. Die Produktion der €-Scheine benötigt große Mengen an Spezialzellstoffen; hier findet aktuell nur US-Baumwolle Verwendung. Die Gründe hierfür sind unklar. Vermutlich wurde die Option, Spezialzellstoffe aus der EU einsetzen zu können, einfach übersehen. Vielleicht gibt es aber zukünftig Chancen, wieder in diesen Markt zu kommen. Auch die Fälschungssicherheit würde hierdurch erhöht: Die Marktverfügbarkeit von Baumwoll-Zellstoffen ist erheblich besser als von Flachs-/Hanfzellstoffen, was Fälschern die Arbeit zusätzlich erschweren würde.

Aufgrund der Strukturen der französischen Spezialzellstoffindustrie gab es in diesem Bereich wenig Innovationskraft. Vermutlich sind die Einsatzmöglichkeiten von Flachs- und Hanfzellstoffen in neuen technischen Anwendungen, aber auch Konstruktions- und Verbundwerkstoffen nur ungenügend untersucht und entwickelt. Auch hier könnten sich noch weitere Anwendungsfelder eröffnen *(vgl. auch Zelfo®, Kapitel 4.3.2)*.

Ganz neue Möglichkeiten ergeben sich, wenn die Holzpreise weiter steigen und die Hanfganzpflanzennutzung technisch und auch ökonomisch funktionieren sollte. Durch größere Anbauflächen würden die Preise weiter sinken können. Technisch betrachtet wären Hanf- und Flachsfasern ideal geeignet, um Altpapier wieder zu hochwertigem und reißfestem Papier aufbereiten zu können. Sobald die Ökonomie stimmt, könnte die Nachfrage „explodieren". Wie auch bisher würden solche Prozessketten vermutlich hoch integriert organisiert, d.h. Anbau, Ernte, Aufbereitung (Schneiden), Zellstoff- und Papierproduktion würden in einer engen Wertschöpfungskette ohne Einkauf/Verkauf auf den Zwischenstufen erfolgen.

Eine ähnliche Situation finden wir bei der potenziellen Ganzpflanzennutzung von Hanf im Bereich Spanplattenproduktion *(siehe Kapitel 5.1.2.2)*. In beiden Fällen wären Anbauflächen von 10.000 ha an aufwärts notwendig, um die Unternehmen mit entsprechenden Rohstoffmengen zu versorgen.

4.6 Kresse-Anzuchtfilze

Gartenkresse *(Lepidium sativum)* ist eine Kulturpflanze aus der Familie der Kreuzblütengewächse *(Brassicaceae)* (Wikipedia 2006a). Ihr Ursprung ist in den Ländern des Vorderen Orients und im heutigen Iran.

Gartenkresse enthält die Vitamine C, B_1, B_9 (Folsäure), K und Carotin und die Minerale Schwefel, Eisen und Kalzium. Leicht zu kultivieren, eignet sie sich vor allem im Winter zur Nahrungsergänzung, wenn frisches Obst und Gemüse rar sind (Wikipedia 2006a). Sie wirkt erfrischend bei Frühjahrsmüdigkeit und soll die Produktion roter Blutkörperchen anregen (Wuerzkraut 2006).

In Geschäften ist frische Kresse in kleinen Kartons zu kaufen. Diese wird auf verschiedenen Substraten angezüchtet: Das einst vorherrschende Substrat Perlite – ein vulkanisches Gestein, das seine körnige Form in einem energieaufwändigen Verfahren erhält – ist auf dem Markt in sehr großem Umfang durch Kresse-Anzuchtfilze – aus Hanf- oder Flachsfasern – ersetzt worden. Dies gilt ebenso für die früher üblichen geschäumten Kunststoffe und Cellulose-Flocken.

Die Vorteile der Kresse-Anzuchtfilze sind zahlreich, sowohl unter wirtschaftlichen als auch ökologischen Aspekten:

- Bei optimaler Versorgung mit Licht und Wasser ist die Kresse nach sechs bis sechseinhalb Tagen erntereif; die Anzucht auf Perlite benötigt einen Tag mehr. Damit erhöht sich der Umsatz pro Quadratmeter Gewächshausfläche und der Energieverbrauch pro Schale sinkt.

- Die Kressekeime wachsen auf den Kresse-Anzuchtfilzen ohne zusätzlichen Dünger; dies spart Zeit und Kosten.

- Nach der Nutzung der Kresse können die Anzuchtfilze (mit Kresse-Resten, z.B. Wurzeln) einfach über die Biotonne entsorgt oder kompostiert werden. Bei Perliten oder geschäumten Kunststoffen ist die Entsorgung aufwändiger, da die Reste sowohl biologisch abbaubare als auch nicht-abbaubare Komponenten enthalten.

- Der Herstellungspreis der Naturfaser-Anzuchtfilze ist kaum höher. (C.A.R.M.E.N. 2006b)

Auf dem deutschen Markt wurden in den letzten zwei Jahren jährlich je knapp 220 t Gartenkresse abgesetzt, davon die Hälfte als Schalenware – 3,6 Millionen Stück (ZMP 2006). Obwohl ein nicht unbedeutender Rückgang bei der Gesamtmenge zu verzeichnen ist, bleibt die Menge der als Schalenware abgesetzten Kresse mit einem leichten Anstieg relativ konstant.

Tabelle 26: Absatz und Produktion von Kresse-Anzuchtfilzen in Deutschland

Jahr		2003	2004	2005	Eingesetzte Naturfaser-Anzuchtfilze im Jahr 2005 (Marktanteil in % und t)	
					%	t
Kresse-Verbrauch in Deutschland	Gewichtsware (t)	218	115	109	50 %	18 t
	Schalenware (Stck.)	3,33 Mio.	3,28 Mio.	3,60 Mio.	90 %	33 t
	Schalenware (t)	100	98	108		
	insgesamt (t)	318	213	217	70 %	51 t
Naturfaser-Anzuchtfilze-Produktion in Deutschland						ca. 125 – 160 t
Naturfaser-Anzuchtfilze-Export					ca. 60 – 70 %	ca. 75 – 110 t

Quellen: Frank 2006, ZMP 2006, Eigenrecherche nova-Institut 2007

Als Substrat für die Schalenware werden größtenteils Anzuchtfilze aus Naturfasern eingesetzt. Aber auch für den Anbau von Kresse, die als Gewichtware abgesetzt wird, werden Substrate aus Naturfasern verwendet, jedoch in einer geringeren Menge.

In Deutschland verfügt alleinig die Firma INNOVATION Pro Terra aus Ettlingen (Baden-Württemberg) über die Lizenz für die Produktion der Kresse-Anzuchtfilze aus Naturfasern. Der Vertrieb erfolgt über die Firma Schneiderfilz Schneider GmbH & Co. KG, ebenso aus Ettlingen.

Erläuterungen zur Tabelle

Ein Anzuchtfilz wiegt 10 g und hat das Maß 10 cm x 6,5 cm bzw. 12 cm x 5,7 cm (Messungen, nova-Institut GmbH). Somit ergibt sich ein Flächengewicht von 1,5 kg pro m^2 (Frank 2006). Von der auf einem Anzuchtfilz gezüchteten Gartenkresse erhält man rund 30 g Gewichtsware.

Die Menge der in Kresse-Anzuchtfilzen eingesetzten Naturfasern beläuft sich verschiedenen Schätzungen zufolge auf ca. 125 bis 160 t pro Jahr (Frank 2006 und anonyme Quelle). Der Anteil der Flachs- und Hanffasern ist dabei etwa gleich. Von der Gesamtmenge der in Deutschland hergestellten Kresse-Anzuchtfilze werden 51 t auf dem deutschen Markt abgesetzt. Der Rest von 74 bis 109 t fällt als Exportware an, vor allem in die Niederlande.

Fazit und Ausblick

Mit ihren überzeugend vorteilhaften Eigenschaften haben die Kresse-Anzuchtfilze aus Flachs- und Hanffasern rasch sehr hohe Marktanteile von 70 (Durchschnitt) bis 90 % (bei Schalenware) erobert und sind ein Beispiel für eine Erfolgsgeschichte in einem Nischenmarkt.

Selbst bei einer weiteren Marktausdehnung in Deutschland sowie der Erschließung neuer Exportmärkte wird der Bedarf maximal einige Hundert Tonnen Naturfasern pro Jahr betragen.

Weitere Märkte könnten erschlossen werden, wenn auch andere Sprossen auf den Filzen gezogen würden, wie z.B. Senf, Rauke (Rucola) oder auch Radieschen – was in kleinem Umfang bereits geschieht. Auf absehbare Zeit dürften die Mengen aber unter denen bei Kresse bleiben.

4.7 Bekleidungstextilien

Die Analyse des Textilmarkts war ein Schwerpunkt der aktuellen „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ (Schmitz et al. 2006a), aus der die wichtigsten Eckdaten der deutschen Textilindustrie im Folgenden zitiert werden (Hervorhebungen wie im Original).

> „Der (deutsche) Textilmarkt ist einem **scharfen internationalen Wettbewerb** ausgesetzt. Die deutsche Produktion ist wegen der Personalintensität, die insbesondere beim Prozessschritt der Konfektionierung sehr hoch ist, stark rückläufig. Die textilverarbeitende Industrie in Deutschland ist mittelständisch geprägt. ... Die **Größe des Textilmarkts** lag 2003 bei ca. 74 Mrd. €, wovon ca. 60 Mrd. € auf das Segment Bekleidungstextilien, 10 Mrd. € auf Heimtextilien und 4 Mrd. € (Produktionswert) auf technische Textilien entfallen. Bei den Rohstoffen dominieren Chemiefasern (Bekleidung ca. 60 %, Heimtextilien ca. 80 %, technische Textilien über 95 %) vor Naturfasern wie Baumwolle, Wolle und Flachs. Das **Marktvolumen** des für Deutschland relevanten **Flachses** betrug **ca. 3 Mrd. € bei Bekleidung** und Heimtextilien und **25 Mio. € bei technischen Textilien.** ... 2004 wurden allerdings nur 2 % des in Produkten verarbeiteten Flachses in Deutschland angebaut.“

4.7.1 Flachs-Textilien

Die aktuelle Marktsituation textiler Flachsprodukte in Deutschland fassen Schmitz et al. 2006a wie folgt zusammen:

„Die Menge an **Flachs** in textilen Produkten (ohne die Märkte Dämmstoffe und Faserverbundbauteile) wird in Deutschland in 2005 auf jährlich 12.000 bis 20.000 t geschätzt. Ca. 50 % dieser Menge wird in **Bekleidungstextilien** eingesetzt, ca. 35 % in **Heimtextilien** inkl. Polsterstoffe für Möbel und 15 % in technischen Textilien. Flachs ist eine etablierte, hochwertige Faser, die aufgrund ihrer Feuchtetransporteigenschaft und ihrer Kühle vor allem in der Sommerkleidung geschätzt wird. In Heimtextilien wird Flachs insbesondere als Bezugsstoff für Möbel mit hohen Anforderungen genutzt. Flachs ist ein modischer Artikel und damit starken Absatzschwankungen ausgesetzt, die bei +/– 30 % innerhalb von fünf Jahren lagen."

Tabelle 27: Markt für textile Flachsprodukte in Deutschland 2003

	Bekleidungs-textilien	**Heimtextilien** (Möbelbezüge, Gardinen, Bettwäsche, Teppiche etc.)	**Technische Textilien** (Garne, Gewebe und Vliesstoffe für industrielle Anwendungen)
Marktgröße Flachs (Menge)	8.000 t	6.000 t	2.000 t
Marktgröße Flachs (Umsatz)	2.400 Mio. € (300 €/t)	600 Mio. € (100 €/t)	25 Mio. € (12,5 €/t)
Anteil am Gesamtumsatz im jeweiligen Segment	4 %	6 %	0,6 %

Quelle: Schmitz et al. 2006a

Für die Produktion in Deutschland gibt es – von marginalen Mengen abgesehen – keine geschlossene Kette mehr vom Anbau über Aufschluss bis zur Textilindustrie. Die meisten Flachsfasern stammen aus Frankreich und Belgien (Anbau und Aufschluss), werden nach China exportiert, dort versponnen, verwebt und konfektioniert und gelangen dann als hochwertige Oberbekleidung für den Sommer zurück nach Europa sowie nach Nordamerika und Asien.

In den Kapiteln 1.2.1, 1.2.3, 1.3.1, 1.3.2 sowie 3.1.1 und 3.2.2 wurde bereits umfassend über Anbau, Produktionsmengen, Preise und vor allem Marktstrukturen berichtet. Der Bekleidungstextilbereich stellt für die EU-Flachsindustrie die mit Abstand wichtigste Produktlinie dar – hier werden mehr als 90 % der gesamten Wertschöpfung erzielt. Auf eine erneute Darstellung soll an dieser Stelle verzichtet werden.

Allerdings sollen noch die zwei wichtigsten Befunde der umfassenden Studie von Ernst & Young 2005 zitiert werden. Es geht hierbei vor allem um die Bedeutung und Einschätzung der Flachsindustrie in Frankreich und Belgien.

„Von der Herstellung der Erstware bis zum Abbasten, Weben oder Stricken, stellt die gesamte Flachsbranche etwa 45.000 direkt oder indirekt beteiligte Arbeitsplätze in ganz Westeuropa. In einigen Regionen Europas könnten der Anbau von Textilflachs und dessen Verarbeitung in den nachgelagerten Industriezweigen sehr zur ländlichen Entwicklung beitragen.

Unter den Experten gilt der westeuropäische Flachs traditionell als der beste der Welt. Seine Hersteller benutzen in höchstem Maße geeignete Böden (aufgrund des gemäßigten Meeresklimas) und verfügen erwiesenermaßen über das nötige Know-how, welches sie außerdem mit den modernen Technologien (Genetik, Medizin) ständig weiterentwickeln.

Die Flachsanbaugebiete befinden sich hauptsächlich in den maritimen Zonen, an der Südküste des Ärmelkanals und an der Nordseeküste in Frankreich, Belgien und den Niederlanden.“ (Ernst & Young 2005)

An anderer Stelle heißt es *(zu den angesprochenen Reformen siehe auch Kapitel 6.1.1)*:

„Seit der Umsetzung der Reform im Jahr 2000 ist bei den Textilien ein bedeutender Anstieg zu verzeichnen, der in erster Linie auf die erhöhte Nachfrage seitens chinesischer Textilunternehmen zurückzuführen ist. Das Anwachsen des chinesischen Absatzmarkts, auf den zurzeit der Großteil des europäischen Umsatzes mit Textilflachsfasern entfällt, hat wiederum zu einem bedeutenden Anstieg der von den Landwirten und Erstverarbeitern in Europa angebauten bzw. verarbeiteten Mengen geführt.

Die Beihilfe, die etwas weniger als 10 % des Verkaufspreises für Flachsfasern ausmacht, entspricht nur 1,5 % der Kosten für die Herstellung eines Leinenhemds in China, also weniger als 0,3 % des Verkaufspreises für den europäischen oder US-amerikanischen Verbraucher.“ (Ernst & Young 2005)

Für den Wiederaufbau einer Flachs-basierten Textilindustrie in Deutschland gibt es aktuell wenig Anzeichen, auch werden die Erfolgschancen in Konkurrenz zur etablierten Flachsindustrie in Frankreich, Belgien (Anbau und Faserproduktion) und Italien (ab Spinnerei) als sehr gering angesehen, zumal die gesamte Branche bereits unter ihrer extremen Abhängigkeit von China leidet.

Aktuell gibt es allerdings in Hessen Landesprojekte zur Wiederbelebung des Flachsanbaus für Textilien. Der Flachs wird ökologisch angebaut und soll für Öko-Textilien genutzt werden. Die Projekte sind noch in einer frühen Phase. Ob eine kommerzielle Umsetzung möglich sein wird, ist noch nicht abzusehen. (Grundmann 2007)

4.7.2 Hanf-Textilien

Hanf kann auf eine lange Geschichte im Bereich der Bekleidungstextilien zurückblicken, wurde aber, wie auch Flachs, seit dem 18. Jahrhundert zunehmend von der Baumwolle verdrängt *(siehe Kapitel 1.1.2)*. Mitte des 20. Jahrhunderts waren Bekleidungstextilien aus Hanf praktisch vom Markt verschwunden. Erst in den 90er Jahren entstand, ausgehend von den USA, eine neue Nachfrage nach Hanftextilien im Kontext der Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf *(siehe Kapitel 1.2.2)*.

Die heute am Markt erhältlichen Hanftextilien sind entweder traditionelle Langfaser-Textilien *(siehe Kapitel 2.4)* oder Textilien auf Basis chemisch oder enzymatisch kotonisierter Hanffasern *(s.u.)*. Die Langfasern stammen vor allem aus Rumänien und China, die kotonisierten Fasern ausschließlich aus China. Kotonisierte Hanffasern können, vor allem in Mischungen mit Baumwolle oder Viskose, auf modernen Baumwoll-Spinnmaschinen (Rotorspinnen) verarbeitet werden.

Bis heute ist es nicht gelungen, in der EU kommerziell Hanffasern für Bekleidungstextilien zu produzieren (abgesehen vom EU-Neumitglied Rumänien und Kleinproduktionen in Polen sowie im Rahmen von Förderprojekten *(s.u.)*. Die traditionelle Langfaser-Produktion ist wegen ihrer Wasserröste aus ökonomischen und ökologischen Gründen nicht realisierbar. Verschiedene Forschungsprojekte zu enzymatischen und chemisch-physikalischen Faseraufschlussverfahren für Flachs und Hanf konnten bisher nicht in den Industriemaßstab überführt werden *(s.u.)*.

Die aktuelle Marktsituation textiler Hanfprodukte in Deutschland fasst Schmitz et al. 2006a wie folgt zusammen:

> **„Hanf** wird sowohl bei der Herstellung von **Oberbekleidung** (Hemden, Pullover, Hosen, T-Shirts) eingesetzt als auch als Beimischung in Socken verwendet. Hanf besitzt gute Eigenschaften hinsichtlich des Feuchtetransports. Die Verarbeitung von Hanf ist wegen veralteter Maschinentechnologie wenig produktiv. So sind die Herstellkosten fünf- bis zehnfach höher als die von Baumwolle oder Chemiefasern. Artikel aus Hanf werden überwiegend aus China importiert, wobei das in Deutschland abgesetzte Volumen relativ gering ist. Insgesamt wurde in Deutschland 2003 ein Umsatz von ca. 5 Mio. € erzielt. In Westeuropa betrug der Umsatz ca. 20 Mio. €, wobei Frankreich, Italien und Großbritannien die wichtigsten Märkte für Hanfprodukte sind. Der Umsatz an Heimtextilien aus Hanf liegt in der gleichen Größenordnung. Es wird davon ausgegangen, dass mindestens die zehnfache Menge an Hanfprodukten abgesetzt werden könnte, da diese Absatzmenge bereits in den Boomjahren 1996/1997 erzielt wurde. Die Eigenschaften von Hanf werden von einer kleinen Käufergruppe als positiv wahrgenommen, die bereit ist, aus ökologischen oder gesundheitlichen Gründen einen zwei- bis vierfachen Preis zu zahlen. Als entscheidender Grund für den stark geschrumpften Markt wird die Unzufriedenheit über die Qualität der angebotenen Fasern aufgrund von Beimischungen genannt.“[57]

Geht man von einer ähnlichen Preisstruktur wie bei Flachstextilien aus (300 €/t, *siehe Tabelle 27*), so ergeben sich aus den 5 Mio. € für die deutsche Nachfrage ganze 17 t Hanffasern und für die westeuropäische Nachfrage ganze 67 t/Jahr.

Aktuelles Welt-Produktionsvolumen für Hanftextilien

Wichtigster Produzent von Hanftextilien ist China, wo aktuell (zusammen mit dem angrenzenden Korea) ca. 80.000 ha Hanf angebaut werden *(siehe Kapitel 1.2.4)*. In China werden aus Hanf-Kurzfaser und -Langfasern jährlich etwa 1.000 t reiner Hanfstoff sowie ca. 10.000 t Mischstoffe aus Hanf/Baumwolle und Hanf/Polyester hergestellt. Der Anbau ist im letzten Jahr wieder deutlich angestiegen, wobei aktuell ein Preiskampf zwischen den Bauern und den Weiterverarbeitern herrscht, den momentan die Bauern für sich entschieden haben. Insgesamt kann jedoch mit einer weiter steigenden Anbaufläche und mittelfristig auch sinkenden Preisen ausgegangen werden. (Hertel 2006)

Die Preise für textile Hanffasern aus China haben sich aufgrund eines sehr begrenzten Angebots in den letzten beiden Jahren verdreifacht (von 500 auf 1.500 USD/t, teilweise wurden Preise bis 2.000 USD/t erzielt[58]) und liegen nun sogar über dem Preis für Flachsfasern. Zum einen zeigen neben Spinnereien aus Italien nun auch Spinnereien aus Neuseeland, den GUS-Staaten und Kanada Interesse an den Hanffasern, zum anderen soll der anhaltende Engpass aus dem großen Bedarf chinesischer Baufirmen resultieren, die die Hanffasern in Baumaterialien für die Olympiade 2008 einsetzen. Auch Nordkorea hat massiv Hanffasern aus China gekauft, inzwischen aber auch wieder mit Anbau und Produktion begonnen und Rumänien im Produktionsvolumen bereits hinter sich gelassen. (Hertel 2006)

---

57 *Der letzte Satz des Zitats ist irreführend. Bei den fertigen Hanftextilien gab und gibt es durchaus Qualitätsprobleme aufgrund von Faserqualität und veralteter Prozesstechnik. Dies hat aber wenig mit Beimischungen zu tun. Vielmehr hat es sich gezeigt, dass sich Mischungen aus Hanf und Baumwolle oder Hanf und Viskose leichter zu hochwertigen Bekleidungstextilien herstellen lassen als reine Hanftextilien.*

58 *Chinesische Unternehmen bieten aktuell keine Hanf-Langfasern am Markt an, wie sie dies früher getan haben, sondern verarbeiten die Langfasern in China zu Garnen, um die Wertschöpfung im Lande zu halten. Die angegebenen Preise beziehen sich auf textile Kurzfasern. Hanf-Langfasern könnten derzeit am Markt Preise von 4 USD/kg (=4.000 USD/t) erzielen, wenn sie verfügbar wären. Kardenbänder aus Hanf-Kurzfasern werden mit 5 bis 6 €/kg gehandelt. (Hertel 2006)*

In Rumänien ist die Langfaser-Garnproduktion inzwischen fast zum Erliegen gekommen. Aktuell werden nur noch grobe, trocken gesponnene Kurzfasergarne für grobe Stoffe gesponnen und das auch nur in geringem Umfang, da nur noch zwei kleine Schwingen in sehr eingeschränktem Maße arbeiten. Aufgrund der geringen Rohstoffmengen, der mangelnden Weiterverarbeitungsmöglichkeiten und des hohen Aufwandes für die Langfaser – zusammen mit einer guten Nachfrage und ausreichenden Preisen für die Kurzfasern – wird meist gänzlich auf die Langfasergewinnung verzichtet. (Hertel 2006)

Italien ist weltweit der wichtigste Kunde für Garne aus China und Rumänien; nach (oder auch ohne) Veredlung gelangen die Hanfgarne dann unter der Handelsbezeichnung „Italienische Garne" auf den Markt.

Hanfstoffe kosten am deutschen Markt 10 bis 20 €/lfd. m (1,50 m Breite); neben den bereits genannten Ländern können solche Stoffe auch aus polnischer Produktion bezogen werden. (Kruse 2006a)

Neue Faseraufschlussverfahren für textile Anwendungen

In den letzten zwanzig Jahren wurden in Deutschland und anderen EU-Ländern eine Reihe von Projekten durchgeführt, um Flachs- und Hanffasern über biologische, physikalische und chemische Prozesse zu kotonisieren und dann auf vorhanden Baumwoll-Rotorspinnmaschinen zu verarbeiten, auch in Mischungen mit Baumwolle oder Viskose. Keines dieser Verfahren konnte bislang kommerziell erfolgreich umgesetzt werden. Experten sind sich dabei sicher, dass nur solche modernen Aufschlussverfahren den europäischen Hanf zurück in die Textilindustrie bringen können. Verlockend erscheinen dabei die erzielbaren Faserpreise, die weit über den Preisen in technischen Anwendungen liegen. Allerdings ist auch der Aufwand zur Produktion textiler Hanffasern weitaus größer und immer noch mit technischen Risiken behaftet.

Aktuell laufen noch verschiedene Projekte zum enzymatischen und Dampfdruck-Aufschluss, die gegenüber anderen Verfahren Vorteile versprechen. Problematisch ist allerdings generell, dass die kotonisierten Flachs- und Hanffasern preislich deutlich über marktüblichen Baumwoll- oder Viskosefasern liegen, ohne technisch relevante Vorteile zu bieten – hierdurch würde der Einsatz immer auf Nischen wie z.B. Öko-Textilien beschränkt bleiben.

Im Folgenden sollen kurz zwei aktuelle Projekte vorgestellt werden, die europäischen Hanf mit neuen Verfahren zurück in die Textilindustrie bringen wollen.

Italien

Am stärksten wird die Idee, Hanffasern als Langfasern wieder in die Textilindustrie einzuführen, in Italien verfolgt. Die Firma Fibranova bereitet zusammen mit Partnerunternehmen seit Jahren eine kommerzielle Produktion vor, die nun im Jahr 2007 oder 2008 tatsächlich starten soll (Tofani 2006a). Italien bietet von Sorten und Klima her sowie aufgrund noch einer existierenden hochwertigen Textilindustrie grundsätzlich günstige Ausgangsbedingungen.

Der geplante Aufschlussprozess ähnelt der traditionellen Längsfaserproduktion[59], wobei jedoch auf eine Wasserröste oder auch Feldröste verzichtet wird. Der Faserauschluss erfolgt in mehreren Schritten: Die zunächst rein mechanisch aus Grünhanf produzierten Längsfasern werden einem sog. „Bio-Degumming"-Prozess unterworfen, bei dem spezielle Bakterienstämme den Feinaufschluss bewerkstelligen. Die resultierenden Hanffasern können dann je nach weiteren Prozessschritten ring- oder rotorversponnen werden (Tofani 2006b)

Die „BioRegional Development Group" aus Großbritannien untersuchte in einer Machbarkeitsstudie umfassend die Fibranova-Technologie zur Produktion von Hanfstapelfasern, die zu einem vergleichbaren Preis wie Baumwolle auf Baumwoll-Rotorspinnanlagen verarbeitet werden sollen.

Fazit: Es bleiben eine Anzahl nicht-unsignifikanter technischer und ökonomischer Probleme zu überwinden – die in der Studie detailliert diskutiert werden. Genannt wird z.B. das Problem, eine homogene Faserqualität zu einem wettbewerbsfähigen Preis zu produzieren, oder der hohe Feuchtegehalt der Hanfschäben von 70 % bei der Ernte des Grünhanfs. Die Studie ist in verschiedenen Versionen zugänglich, empfohlen sei hier z.B. die 30-seitige Fassung im „Journal of Industrial Hemp" (Riddlestone et al. 2006).

Niederlande/Deutschland

Eine Gruppe von Instituten und Unternehmen aus dem Textilbereich aus den Niederlanden und Deutschland versuchen in einem EU-finanzierten Projekt eine „Regionale Hanf-Textilkette" („Regional hemp textile chain") zur Produktion von Hanf-Jeanshosen grenzüberschreitend am Niederrhein aufzubauen. Im Projekt wurde bereits von „Plant Research International"

59 *In Kapitel 2.4 wird der Längsfaseraufschluss näher dargestellt. Es handelt sich hier nicht um einen Schreibfehler. Längsfaseraufschluss ist der an sich richtige Begriff und nicht der weit verbreitete Begriff Langfaseraufschluss.*

(Wageningen, NL) die neue Hanfsorte „Chamaeleon“ entwickelt, die hellere Fasern aufweist und leichter zu entholzen ist. Nun soll die gesamte Wertschöpfungskette vom Anbau über Dampfdruck-Aufschluss, Spinnerei, Weberei, Konfektion und Marketing realisiert werden. Namhafte Unternehmen wie Trützschler (Faservorbereitung) und Schlafhorst (Rotorspinnen) stehen für die Seriösität des Projekts.

Ziel ist der Hanfanbau auf einer Fläche von 2.000 ha und die Produktion von 2.000 t aufgeschlossenen Hanffasern im Jahr. Aus den Hanffasern sollen in Mischungen mit Baumwolle (50:50) Jeanshosen produziert und unter einem Markennamen vertrieben werden. Gespräche mit renommierten Jeansmarken werden aktuell geführt. Die aufgeschlossene Hanffaser soll 3,00 €/kg kosten, viel im Vergleich zu Baumwolle mit einem Preis von 1,10 €/kg. Im Produktionspreis der Jeans nivelliert sich dieser Unterschied aber weitgehend. So hat eine normale Baumwoll-Markenjeans Produktionskosten von etwa 8,00 €, die Hanf-Baumwoll-Jeans dagegen 9,20 €. Sofern man am Markt mit dieser Jeans höhere Preise beim Endkunden erreichen kann (Nachhaltigkeit, Lifestyle, „Made in Germany“), ist der geringe Unterschied in den Produktionskosten irrelevant – so die Überlegungen der Projektpartner. (Toonen 2006)

In einigen Prüfparametern konnten die Hanf-Baumwoll-Jeans normale Jeans sogar übertreffen: Höhere Scheuerfestigkeit, bessere Reibechtheit, höhere Biegesteifigkeit und deutlich höhere Feuchteaufnahme von fast 20 %. (Toonen 2006)

4.7.3 Ausblick

Es bleibt eine der größten Herausforderungen, am Standort Deutschland eine neue Hanftextilwirtschaft aufzubauen. Da aktuell zwei Projekte laufen, wird man – sofern die Projekte hinreichendes Kapital akquirieren können – in wenigen Jahren wissen, ob eine Realisierung tatsächlich möglich ist.

Aus unserer Sicht sprechen (leider) einige Gründe dagegen:

- Die europäische und vor allem auch die deutsche Bekleidungstextilindustrie steht unter hohem Konkurrenzdruck und ist tendenziell auf dem Rückzug. Sicherlich sind in einer solchen Phase Innovationen gefragt. Ob hier aber Hanf der richtige Weg ist?

- Es bestehen immer noch eine Reihe von technischen und ökonomischen Risiken, ob mit den neuen Faseraufschlussverfahren tatsächlich hochwertige Fasern in homogener Qualität zu einem noch akzeptierbaren Preis produziert und ohne Effizienzverluste auf modernen Baumwollsystemen versponnen werden können.

- Gibt es überhaupt einen relevanten Markt für Hanftextilien? Auf Basis der Erfahrungen aus den letzten zehn Jahren können hierzu keine verlässlichen Schlüsse gezogen werden, da stets nur marginale Mengen in Nischenmärkten abgesetzt werden konnten.

- Könnten sich die Hanftextilien auch dauerhaft und damit jenseits von kurzen Modewellen etablieren?

- Eine neue Situation könnte eintreten, wenn die Baumwollproduktion z.B. aufgrund von klimatischen Veränderungen (Dürren) dauerhaft sinken würde. Aber auch dann stünden mit Jute, Kenaf, Sisal, Abaca, Ramie oder auch Viskose eine Vielzahl anderer Naturfasern zur Verfügung, mit denen europäische, kotonisierte Hanffasern konkurrieren müssten – ganz abgesehen von der direkten Konkurrenz aus China, das schon heute die besten Hanftextilfasern, seien es Lang- oder kotonisierte Fasern, produziert.

4.8 Geo- und Agrartextilien

Geotextilien werden in großen Mengen im Erd- und Wasserbau eingesetzt, um z.B. Erosionsschutz für Böschungen zu gewährleisten oder im Straßenbau verschiedene Bodenschichten zu trennen. Geotextilien werden heute fast ausschließlich aus synthetischen Fasern hergestellt.

Die potenziellen Anwendungsgebiete für Naturfasern werden auf ca. 5 % des Gesamtmarktes geschätzt und sind bis heute nur zu geringen Anteilen erschlossen, insbesondere aufgrund von Wissensdefiziten der Entscheidungsträger, Landschaftsplaner und Tiefbauingenieure. (Karus et al. 2003)

Naturfasern können insbesondere dann eingesetzt werden, wenn die Geotextilien ihre Funktion nur über einen begrenzten Zeitraum sicherstellen müssen. Dies ist z.B. der Fall, wenn der Erosionsschutz nach der Verrottung der Naturfasermatten durch die Wurzeln der Bepflanzung gewährleistet ist. Ein typischer Einsatzbereich sind Begrünungsmatten, die aus Naturfaservliesen mit eingebrachten Samen bestehen.

Wenn Naturfasern eingesetzt werden, dann vor allem Kokosfaservliese und Jute-Gewebe. Kokosfasern eignen sich ganz besonders für Geotextilien, da sie aufgrund ihres sehr hohen Ligningehaltes (40 – 50 %) nur langsam verrotten (Ligningehalt beim Hanf: 2 – 5 %). Zudem gehören Kokosfasern zu den preiswertesten Naturfasern überhaupt *(siehe auch Kapitel 3.2.3)*.

> „In **Geotextilien** werden Naturfasern nur dann eingesetzt, wenn explizit eine biologische Abbaubarkeit gewünscht wird (z.B. zur Erstsicherung von Böschungen). Sollen die Produkte schnell verrotten, so werden aus Kostengründen Strohmatten eingesetzt, sollen sie langsam verrotten, so werden Kokosfaservliese verwendet. Die Menge an Naturfasern in Geotextilien beträgt ca. 500 bis 750 t (pro Jahr in Deutschland)." (Schmitz et al. 2006a)

Auch Flachs- und Hanffaservliese können als Geotextilien beispielsweise im Erosionsschutz eingesetzt werden, wie verschiedene Projekte gezeigt haben. Sie stehen dabei aber in einer sehr schwierigen Konkurrenzsituation zur gleichzeitig dauerhafteren und billigeren Kokosfaser (Markt-Innovation Hanf 1999). Dies dürfte der wichtigste Grund dafür sein, dass sich dieser Markt für Flachs und Hanf in den letzten Jahren nicht weiterentwickelt hat.

Als Agrartextilien werden Naturfasern z.B. in Form von Mulchvliesen (Matten und Scheiben) zur Beikrautunterdrückung, Pflanzenanzuchtvliesen *(siehe Kapitel 4.6)* und als Kultursubstrate eingesetzt.

Im Gartenbau finden Mulchvliese aus Hanffasern bereits Verwendung, welche zumindest in Deutschland und Großbritannien hergestellt und anstelle von Mulchfolien genutzt werden. Das Hanffaservlies schützt dabei ein Feld vor Unkraut durch Abdunkeln ohne den Regen abzuhalten (Hobson 2006). Aber auch hier besteht wie bei Geotextilien Konkurrenz zu anderen Naturfasern.

Ausblick

Angesichts der beschriebenen technisch-ökonomischen Rahmenbedingungen werden Geo- und Agrartextilien auch künftig nur kleine Nischenmärk-

te für Flachs und Hanf bleiben. Lediglich im Bereich der Kresse-Anzuchtfilze konnte eine Erfolgsgeschichte realisiert werden *(siehe Kapitel 4.6)*.

4.9 Tiermatten

Ferkelunterlagen

Ebenfalls mengenmäßig relativ unbedeutend, aber stabil im Absatz ist die Verwendung von Hanffaserfilzen zur Verwendung als Ferkelunterlage. Hierfür werden jährlich etwa fünf Tonnen Fasern eingesetzt. Die Ferkelunterlage hilft bei der Regulierung des Wärmehaushalts der Ferkel und kann zusammen mit Infrarotstrahlern eingesetzt den Ferkeln so gute Lebensbedingungen bieten, dass deutlich weniger Ferkel in den kritischen ersten Wochen sterben, was neben tierschützerischen Aspekten auch einen echten wirtschaftlichen Vorteil für den Landwirt durch diese Unterlage bedeutet.

Hundefilz

Hanffilze bieten gegenüber anderen Unterlagen deutliche Vorteile: Sie kühlen im Sommer und schirmen im Winter die Kälte ab.

> Hanf-Hundefilze bestehen aus naturbelassenen Hanffilzen. Sie wärmen den Schlafplatz oder die Hütte und wirken abstoßend auf Ungeziefer (kein sicherer Schutz, doch eine wirksame Unterstützung). Auf den Hundefilz sollte ein waschbarer Bezug gelegt werden, denn Hanffilze können nicht gewaschen werden. (Hanfstreu 2006)

Nestbaufasern und -filze

Hanffilze sind ein interessantes Material, aus dem viele Nager und Kleinsäuger Nester bauen können. Nester oder Baue, die aus oder mit Hanffilzen gefertigt wurden, sind trocken, warm, atmungsaktiv und sie schützen die Jungtiere. Zum Teil werden für den Nestbau auch Hanfkurzfasern angeboten, die ebenfalls von Kleintieren gerne angenommen werden.

4.10 Naturfaserbewehrter Beton

Grundsätzlich ist es möglich, Beton mit Naturfasern anstelle von künstlichen Fasern oder Stahl zu bewehren, umgangssprachlich als Hanfbeton bezeichnet.

> „Mit Hanffasern vermischter Beton erhöht die Elastizität und wirkt den Rissbildungen (v.a. beim Trocknen) entgegen. Zudem lässt sich die Naturfaser besser als die Kunstfaser in den Frischmörtel einarbeiten. (...) Die Beimengungen von Hanffasern kosten höchstens ein Drittel der Kunstfaser." (Bauinfo24 2006).

Aber es gibt noch Probleme zu lösen:

> „Die Hanffasern haben gute technische Eigenschaften wie z.B. eine hohe Zugfestigkeit, sie können dennoch aus zwei Hauptgründen nicht problemlos mit Beton kombiniert werden. Die Fasern zeigen starke Schwankungen in den Materialeigenschaften, abhängig vom Erntezeitpunkt und der Art der Röste. Weiter ist Hanf hygroskopisch, das daraus resultierende Quellverhalten hat eine schlechte Kraftübertragung zwischen Faser und Beton zur Folge. Hanf enthält Silikat, welches zum Alkalitreiben des Betons und zur Bildung von trichterförmigen Löchern an der Betonoberfläche führen kann." (Grasnek 2000).

Eine Verwendung von Hanffasern im Beton in größerem Maßstab ist nicht bekannt – im Gegensatz zu Hanfschäben-Bausteinen *(siehe Kapitel 5.1.1.2)*.

5.

Marktentwicklung, Potenziale und Wertschöpfung durch Schäben, Samen und sonstige Koppelprodukte

5 Marktentwicklung, Potenziale und Wertschöpfung von Schäben, Samen und sonstigen Koppelprodukten

Neben den Fasern finden auch viele der sonstigen Bestandteile der Faserpflanzen, die so genannten Koppelprodukte, vielfältige Verwendung. So wird die Wertschöpfungskette besonders durch die Nebenprodukte Schäben und Samen erweitert. Im Folgenden wird zunächst auf Schäbennutzung und im Anschluss daran auf die Nutzung von Leinsamen (Flachssamen) und Hanfsamen eingegangen. Dabei werden die spezifischen Eigenschaften, Produktlinien, Märkte und Trends beschrieben.

5.1 Schäben: Gut für Bauherren und Tiere

5.1.1 Beschreibung und Eigenschaften der Schäben

Die Fasern des Flachses und des Hanfes sind im äußeren Teil des Stängels zu finden. Sie erfüllen in der Pflanze eine stützende, stabilisierende Funktion. Der Kern des Stängels hingegen verholzt. Im maschinellen Prozess der Entholzung (Dekortikation) von Flachs- und Hanfstängeln *(vgl. Kapitel 2.4)* fallen relativ gleichmäßig gebrochene, holzähnliche Teilchen, die so genannten Schäben an; ihre Länge variiert von unter einem bis zu wenigen Zentimetern. Sie machen bei Hanf ca. 50 bis 60 % (Flachs: ca. 45 bis 55 %) des Stängels aus und stellen damit die mengenmäßig größte im Faseraufschluss anfallende Fraktion dar *(vgl. Kapitel 1.3)*.

1 *Siehe hierzu Kapitel 2.4, dass sich speziell mit Entholzung und Faseraufschluss beschäftigt*

Tabelle 28: Die wichtigsten Bestandteile von Hanfschäben

Inhaltsstoff	Gehalt (in %)
Cellulose	35
Hemicellulose	18
Lignin	21
Übrige	
(Proteine, Pektine, Kohlenhydrate etc.)	18
Wassergehalt	< 10

Quelle: nach Karus et al. 1996, verändert

Beim Aufbereitungsprozess fallen beim Hanf folgende Fraktionen bzw. Qualitäten an (Karus et al. 1996):

1. Gröbere, etwas dunklere Schäben (möglichst aber nicht zu dunkel, *s.u.*) (30 – 40 %)
2. kleinere, nahezu faserfreie, helle Schäben (30 – 35 %)
3. sehr kleine Schäben (10 – 15 %)
4. Staub, Faserreste (5 – 10 %)
5. Abfall (5 – 10 %)

Die erste Fraktion wird als Einstreu im Großtierbereich – vor allem für Pferde, aber auch Kamele (Export in arabische Länder) und Zootiere – eingesetzt, da in diesem Bereich die Farbe eine geringere Rolle gegenüber Qualitätseigenschaften wie Saugfähigkeit, Verbrauch und Handhabung spielt.

Die kleineren, helleren Schäben sind besonders für Kleintiere und Vögel geeignet, da hier der Verbraucher neben der Qualität vor allem das „Gefühl der Sauberkeit" haben will. Qualitativ kann diese Fraktion natürlich auch für Pferde eingesetzt werden.

Die dritte Fraktion eignet sich nach einer Pelletierung gut als Katzenstreu; ohne diesen zusätzlichen Prozessschritt auch als Einstreu in der Geflügelzucht.

Die vierte Fraktion kann als Ergänzung und Streckmittel in Tierfutter verwendet werden: Im Tierfutter, insbesondere für Kaninchen und Hunde, liegen oft zu energiereiche Mi-schungen vor, die mit energiearmen, Volumen bringenden, faserreichen und für das Tier verträglichen Füllstoffen gestreckt werden müssen. Faserreste und Stäube sind stark cellulosehaltig und daher gut geeignet.

Abfälle können in der Regel nicht stofflich verwendet werden. Sie werden entweder als Nährstoff auf die Felder gebracht, oder (zusammen mit der vierten Fraktion) zu Briketts verpresst *(siehe Kapitel 5.1.3)*.

Die wichtigste Eigenschaft für die Vermarktung der Schäben als Baustoff ist ihre geringe Dichte, verbunden mit guten wärmedämmenden Eigenschaften – und damit im Vorteil gegenüber vielen Holzwerkstoffen oder mineralischen Baustoffen. In diesen Anwendungen kommen vor allem die ersten beiden Fraktionen zum Einsatz.

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal der Schäben ist ihre Farbe: Das Holzgewebe der Pflanze ist während des Wachstums hell und elfenbeinfarbig. Die Farbe kann sich durch Schimmelbefall und durch eine Überröstung bis ins Dunkelgrau verschieben, womit die Schäben an Wert verlieren.

5.1.2 Produkte und Märkte für Schäben

Die wirtschaftliche Nutzung der Schäben stellt für die Produzenten, die die Fasern in der Gesamtfaserlinie gewinnen *(vgl. Kapitel 2.2 und 3.1)*, einen wichtigen ökonomischen Posten in der Kalkulation dar, um den Faserpreis konkurrenzfähig zu halten. Bis zu 50 % der Wertschöpfung wird mit Schäben erzielt. Inzwischen sind zahlreiche Produktlinien etabliert, wirtschaftlich relevant sind derzeit jedoch nur die beiden Bereiche Tiereinstreu (Pferdeinstreu 77 % und Kleintiereinstreu 9 %) und Baustoffe (12 %) (EIHA 2006a).

5.1.2.1 Tiereinstreu: Besonders für Pferde

Aufgrund ihres hohen Absorptionsvermögens (bei Hanfschäben bis zu 400 %) und ihrer guten Kompostierbarkeit eignen sich gereinigte und entstaubte Schäben der Flachs- und Hanfpflanzen hervorragend für den Einstreubereich. Auch die beim Getreidestroh teilweise zu beobachtende Verschimmelung tritt in einem deutlich geringerem Maße auf. Aufgrund des hohen Absorptionsvermögens muss das Streu seltener gewechselt werden, wodurch erhebliche Arbeitszeiten bzw. -kosten eingespart werden können.

Für die Vermarktung als Pferdeeinstreu müssen die Schäben eine helle Farbe haben, denn eine dunkle Verfärbung deutet auf Schimmelbefall hin,

und sie sollten eine möglichst gleichmäßige Länge aufweisen. Besonders interessant ist der Gebrauch von Schäben, wenn bei dem Tier (oder dem betreuenden Menschen) Allergien oder Atemwegserkrankungen vorliegen und Getreidestroh daher nicht eingesetzt werden kann.

Flachsschäben enthalten von Natur aus Bitterstoffe, so dass Pferde sie nicht fressen. Es ist kein Fall bekannt, bei dem Flachsschäben die Ursache für Koliken oder Infektionen sind. Bei Hanfschäben kann es bei einzelnen Pferden zum Fressen der Schäben und anschließenden Kolikproblemen kommen; dem kann mit der Zugabe ätherischer Essenzen oder durch Besprühen mit Essigwasser entgegengewirkt werden.

Mist aus Hanf- oder Flachsschäben eignet sich sehr gut als organischer Dünger, da dieser im Gegensatz zu Sägespänen innerhalb weniger Monate kompostiert und nicht zu einer Versauerung der Böden führt. Er ist ein beliebter Nährboden für die Pilzzucht. (*Näheres hierzu siehe Kapitel 5.1.2.5 „Blumenerde, Torfersatz und Nährstoffgehalt".)*

Je nach Verwendungsfall können die Schäben, mit ätherischen Ölen versetzt, zur Behandlung von Atemwegserkrankungen bei Pferden eingesetzt werden (Sachsenleinen 2006a).

Kleintierstreu

Kleintierstreu und Einstreu für die Geflügelzucht wird ebenfalls angeboten. Dieses besteht aus Schäbenbruchstücken, manchmal auch aus verpressten Faserresten und Staub. Ersteres eignet sich gut für Kaninchen, Hamster, Meerschweinchen etc. – jedoch nicht für Katzen, da deren Fell durch elektrostatische Aufladung die leichten Schäben anzieht; für Katzen sind aber gepresste Pellets aus Schäben- und Faserresten erfolgreich am Markt *(siehe Kapitel 5.1.3.1)*

Vor allem Kleintier- und Geflügelzüchter interessieren sich zunehmend für die hochwerti-gen und leicht zu handhabenden kleinen Hanfschäben. Die feine Struktur kommt dem Scharrbedürfnis der Tiere entgegen. Im Einzelhandel ist jedoch aufgrund der Vielzahl von preiswerten Konkurrenzprodukten der Absatz deutlich erschwert. Im Vergleich zu Pferdeeinstreu sind die Mengen in diesem Segment sehr gering (Frank 2006). *(siehe Kapitel 1.3.3)*

Preise und Märkte

Die Preise für gut gesäuberte, helle Schäben sind abhängig von der Qualität und von der Größe der Verpackungseinheit. Sie liegen zwischen 6,50 €

und 8,50 € je Ballen (18 – 21 kg), inklusive 7 % Mehrwertsteuer. Diese Preise sind durchschnittliche Endkundenpreise ohne Frachtkosten für übliche Mengen, je nach Anbieter ist die Mindestabnahmemenge jedoch eine komplette Palette.

Flachsschäben, die über die Langfasereinnahmen quersubventioniert werden *(siehe Kapitel 3.1)*, können etwas kostengünstiger als Hanfschäben angeboten werden. Auch wenn die technischen Eigenschaften, beispielsweise die Saugfähigkeit, nicht ganz auf Hanfniveau liegen, erschwert der Preisvorteil den Absatz der Hanfschäben. Die Differenz tragen vor allem die Hanfschäben-Produzenten, denn im Produkt Pferdeeinstreu spiegelt sich dieser Erzeugerpreisunterschied nicht wieder (z.B. Linoshop 2006).

Ausgehend von den Zahlen aus Tabelle 8 *(Kapitel 1.3.3)* ergibt sich für das Jahr 2004 eine EU-Schäbenproduktion von ca. 47.000 t. Mit einem Anteil von 70 % Tiereinstreu an der Gesamtschäbenvermarktung (EIHA 2007) ergeben sich daraus ca. 33.000 t Hanfschäben aus EU-Produktion und eine unbekannte Menge an Flachsschäben, die als Tiereinstreu verkauft wurden. Sollte der Tierstreuanteil im Jahr 2004 höher als 70 % gewesen sein (laut EIHA 2006a waren es für EIHA-Mitglieder im Jahr 2005 86 %), steigt der Wert auf bis zu 38.000 t.

Die aktuellste Schätzung stammt vom Vorstand der „European Industrial Hemp Association (EIHA)“ vom Sommer 2007 *(vgl. Abbildung 14b in Kapitel 1.3.3)*. Demnach wurden im Jahr 2006 in der EU zwischen 44.000 und 48.000 t Hanfschäben produziert und von diesen ca. 70 % als Tiereinstreu vermarktet, also 31.000 bis 34.000 t. (EIHA 2007)

Für Flachsschäben ist mangels Daten eine solche Abschätzung leider nicht möglich.

Ausblick

Die Entscheidung für ein bestimmtes Einstreu-Produkt fällt der Pferdehalter vor allem über Preis, Bekanntheitsgrad und Verfügbarkeit. Die Schäben haben jedoch immer noch Schwierigkeiten an allen drei Punkten.

Der Preis ist im direkten Vergleich zu Stroh – auf den ersten Blick – deutlich höher. Diese Produktkosten werden aber schnell durch ein leichteres Handling egalisiert: Schäben haben eine viel bessere Saugfähigkeit, können wesentlich länger in der Box verbleiben und es brauchen nur partiell die verschmutzten und feuchten Stellen gewechselt werden. Gesundheitliche Vorteile mit reduzierten Behandlungskosten sind hierbei noch gar nicht einkalkuliert. Diese Preisvorteile sind ohnehin ein schwie-

riges Argument, da die Kosten für Einstreu der Stallbesitzer trägt, Gesundheitskosten jedoch der Pferdehalter (Wiggershaus-Skriboleit 2006). Grundsätzlich muss daher das Produkt mit seinen Vorteilen weiterhin beim Pferdehalter und beim Stallbesitzer bekannt gemacht werden, was derzeit das zweite Defizit ist. Als drittes sind die Schäben zwar vor allem über den Direkt- und Internetvertrieb verfügbar, jedoch nicht über den „Bauern von nebenan", zu dem oft jahrzehntelange persönliche oder geschäftliche Verbindungen bestehen.

> „Bisher haben vor allem die schlechte Kommunikation der Vorteile, sowie Probleme bei der Produktumstellung (Lagerkapazitäten, Weitergabe der Kosten vom Stallbesitzer an die Pferdehalter etc.) ein weiteres Wachstum dieses Marktes gehemmt." (Frank 2006)

Darüber hinaus ist der Pferdesport relativ konservativ: „Pferde und Stroh – das gehört einfach zusammen." Flachs und Hanf haben es schwer, dieses Image zu durchbrechen.

Trotz dieser Defizite, die teilweise durch Marketingaktionen entschärft werden könnten, ist für die Flachs- und Hanfproduzenten Tiereinstreu bislang der wichtigste und lukrativste Markt für Schäben. Aber dieser Markt steht unter großem Druck durch günstigere Anbieter von Flachsschäben aus Frankreich (Heger 2006) sowie anderen landwirtschaftlichen Nebenprodukten.

Nach anfangs guten Wachstumsraten ist die Stagnation dieses Marktes eher eingetreten, als noch vor einigen Jahren erwartet wurde, deshalb müssen zukünftig neue, möglichst hochpreisige Absatzmärkte für die Schäben erschlossen werden; Preise unter 200 – 250 €/t (ab Werk) würden für die Schäbenproduzenten ein Verlustgeschäft bedeuten (Frank 2006) bzw. zu Preiserhöhungen bei den Fasern führen *(vgl. Kapitel 2.2)*.

5.1.2.2 Baustoffe: Leicht, atmungsaktiv und umweltbewusst

Im Baubereich gibt es eine Vielzahl von neuen Anwendungen für Schäben. Die Vorteile liegen vor allem in ihrer geringen Dichte, ihrer guten Dämmwirkung durch die Porosität mit Lufteinschlüssen und ihrer guten Elastizität.

Leichtbauplatten

Die Leichtbauplatten aus Hanf- oder Flachsschäben konkurrieren mit den preiswerten Massenprodukten wie Spanplatten und leichten Holzwerk-

stoffplatten, beispielsweise Wabenplatten. Die Dichte der Schäbenplatten liegt zwischen 300 und 340 kg/m³ und damit unter der Hälfte einer konventionellen Holzspanplatte mit 600 bis 750 kg/m³. Sie bietet neben der Gewichtsreduzierung auch bessere Dämmeigenschaften. Weitere Vorteile ergeben sich in Bezug auf die Emissionen: Während die üblicherweise eingesetzten harzreichen Nadelhölzer bereits von sich aus zu Formaldehyd-Emissionen führen, sind Schäben frei von dieser Problematik.

Die Verarbeitung erfolgt mit den üblichen Werkzeugen, die Platten können problemlos postforming-beschichtet, beschnitten, bekantet und verschraubt werden. Möbel-Zulieferer fertigen daraus unter anderem die modernen, breiten Wangen der Regalsysteme und über 50 mm starke Regalböden, in die die Befestigungssysteme „unsichtbar" eingelassen werden können, was bei Schaum- oder Wabenplatten so nicht ohne weiteres möglich ist (Hahn 2006). Auch das Anfahren von Kanten entspricht den unkomplizierten Verfahren von konventionellen Spanplatten. Weitere Einsatzmöglichkeiten im Schiffs- und Flugzeugausbau sowie im Caravan-Innenausbau und überall dort, wo der Faktor Gewicht in direktem Zusammenhang mit Kosten steht (Energie, Ladekapazitäten etc.), werden zurzeit im Kundenauftrag erprobt.

Abbildung 66: „Hier wächst die neue Resopal-Leichtbauplatte." Mit diesem Plakat inmitten eines Hanffeldes wirbt Resopal für seine Idee, diesem ökologischen Produkt durch eine Beschichtung mit RESOPAL® zur ökonomischen Marktreife zu verhelfen.

Quelle: Resopal 2005

Die Qualitätsanforderungen der Produzenten an die eingesetzten Schäben sind sehr hoch: Die Verarbeiter legen größten Wert auf reine, helle Schäben ohne Verunreinigungen wie zum Beispiel Sand und Kurzfasern. Die Feuchte sollte bei Anlieferung zwischen 8 und 10 % liegen (Kaufhold 2005). Ein logistisches Pro-

blem ist das ganzjährige und unter Umständen kurzfristige Abrufen von großen Rohstoffmengen, was eine entsprechende Lagerhaltung sowohl bei den Schäben-Produzenten wie auch bei den Plattenherstellern voraussetzt. Problematisch ist die (befürchtete) konkurrierende energetische Nutzung, besonders in Frankreich und den Niederlanden, die zu einer Verknappung der Flachsschäben führen könnte (Van Damme 2006). Diese Form der Nutzung spielt jedoch für Hanfschäben bislang keine relevante Rolle.

Flachsschäbenplatten werden in Belgien und in den Niederlanden in großem Maßstab produziert. Zurzeit verarbeiten die führenden Hersteller zusammen ca. 48.000 t Flachsschäben zu Plattenwerkstoffen. In geringem Umfang (< 4.000 t) gelangen diese auch auf den deutschen Markt.

Hanfplatten bietet in Mitteleuropa bislang nur ein Hersteller an (Valentin/Kosche Gruppe). Die Platten sind teilweise bei Großhändlern lagermäßig erhältlich. Im Jahr 2005 gingen ca. 100 m^3 in den Verkauf. Im Jahr 2006 wird mehr als eine Verdopplung der Produktion angestrebt; dazu werden dann voraussichtlich 100 t Hanfschäben verarbeitet.

Als Halbzeug kostete die Hanfschäbenplatte anfangs etwa das Dreifache einer konventionellen Spanplatte – durch Optimierungen im Fertigungsprozess und gleichzeitige Verteuerung der Holz-Rohstoffe ist es in kurzer Zeit gelungen, beim Endkundenpreis nur noch etwa 20 – 30 % über dem Preis der Spanplatte zu liegen (Kosche 2006).

Als fertig beschichtete Platte mit HPL-Oberfläche (beispielsweise RESOPAL®) verringert sich der Preisunterschied noch weiter. Unter Berücksichtigung der Vorteile bei Transport und Handling, insbesondere bei den derzeit modernen, immer dickeren Arbeitsplatten, lassen sich weitere Kosten auf den nachgelagerten Verarbeitungsebenen reduzieren.

Auf der EIHA-Konferenz 2006 in Hürth/Rheinland wurde bekannt, dass ähnliche Produkte aus China bereits unter der Bezeichnung „Agro-Board" unter anderem nach Südafrika exportiert werden, ohne dass der Käufer speziell auf die Hanfschäben als Rohstoffbasis hingewiesen wird.

Zum Ende des Jahres 2006 hat auch die Firma STEICO AG eine Produktneuheit aus Hanfschäben und Hanffasern auf den Markt gebracht: STEICOcanaroof, eine Dämmstoffplatte mit einem Nennwert Wärmeleitfähigkeit λ = 0,040 W/(mK) (WLG 040) und einer Rohdichte von ca. 90 kg/m^3. Die benötigten Schäben fallen im Unternehmen intern bei der Aufbereitung der Fasern an, aus denen bereits reine Hanffaser-Dämmstoffe produziert werden. Da der Verkaufsstart gerade erst erfolgt ist, bleibt die umgesetzte Menge zunächst offen, ggf. werden kurzfristig Schäben zugekauft (Sendlinger 2006).

Ausblick

Das neue ökonomische Interesse an Hanf ist neben der Papierindustrie heute auch schon in der Holzwerkstoffindustrie sichtbar. Beide Branchen leiden unter den hohen Holzpreisen und verschlechterten Verfügbarkeiten – vor allem wegen der Nachfrage des Energiesektors nach Holz – und sind daher auf der Suche nach alternativen Rohstoffen. Verschiedene Unternehmen aus Kanada und Europa äußerten auf der EIHA-Konferenz 2006 erstmalig seit Jahrzehnten konkretes Interesse an großflächigem Hanfanbau zur Produktion von Leicht-bauplatten. Dabei wurde auch die Möglichkeit der Nutzung der gesamten Hanfpflanze (Fasern und Schäben) diskutiert. Ohne vorherigen Faseraufschluss halten Experten sogar Preise von unter 100 €/t für realistisch.

Die Märkte für leichte Werkstoffe sind – global betrachtet – riesig: Manfred Riepertinger, Projektleiter für EUROLIGHT, der ersten kontinuierlich produzierten Wabenplatte, schätzt den potenziellen Markt für Leichtbauplatten aller Art auf über 140 Mio. m^2/a. „Diese Märkte liegen heute überall dort, wo mit Leichtbau Energie gespart und Transportkapazitäten erhöht werden können, also in der Luft- und Raumfahrt, im Schiffsbau, bei Schienfahrzeugen, PKW, Nutzfahrzeugen und Caravans." Und Professor Ingo Eierle, Leichtbauspezialist der FH Rosenheim, sieht angesichts steigender Bedeutung des Bauens im Bestand große Zukunftsmärkte für den Leichtbau als Ausbauelement und vor allem für leichte Trennwände, die ohne Ertüchtigung bestehender Decken und Tragwerke im Altbau eingesetzt werden könnten. (Eierle und Riepertinger 2006)

Ökonomisch wichtig ist der Absatz der Platten über den Baumarkt. Sollte hier der Markteintritt auf breiter Ebene gelingen, könnten jährlich 10.000 t Schäben (oder mehr) zu Platten verarbeitet werden (Brueck 2005) – was die deutschen Produzenten zumindest kurzzeitig vor Lieferprobleme stellen würde. Aber bisher ist besonders im Bewusstsein des Do-It-Yourself-Kunden dieser Werkstoff noch nicht angekommen.

Der höhere Preis gegenüber konventionellen Holzwerkstoffen ist ein Hemmnis; es wird aber erwartet, dass speziell in diesem Segment der Kostendruck nachlässt, aufgrund der aktuell hohen Holzpreise sowie durch weitere Verfahrensoptimierungen bei diesem neuen Werkstoff.

Trotz dieser Schwierigkeiten rechnen schon jetzt alle europäischen Protagonisten mit einem stabilen oder wachsenden Markt für Ihre Produkte, zwei Hersteller rechnen sogar mit einer Verdopplung in den kommenden fünf Jahren, vor allem aufgrund des steigenden Interesses an dicken

Böden, Wangen und Platten in der Möbelindustrie und im Nutzfahrzeugbau, Caravan-Bau, aber auch im Schiffsbau. Dieser Markt wird zurzeit vor allem mit geschäumten Kunststoffen (meist PP) gedeckt. Diese sind jedoch erheblich teurer als Schäbenplatten und reduzieren das Gewicht lediglich um etwa 30 %, wohingegen Schäbenplatten eine Reduzierung von bis zu 50 % erreichen können. Eine ernstzunehmende Konkurrenz sind jedoch seit dem Sommer 2006 die kontinuierlich produzierten Wabenplatten. Allein das Werk St. Johann in Tirol (Egger Gruppe) hat eine Tageskapazität für großformatige und bis zu 100 mm starke Leichtbauplatten von über 1.000 m^3/Tag (ca. 30.000 m^2/Tag) (Eierle und Riepertinger 2006).

Denkbar ist auch die gezielte Vermarktung der Schäbenplatten unter dem Aspekt der Beschichtung mit dünnen, hellen Dekorpapieren oder empfindlichen Furnieren heller Holzarten. Hier werden bisher spezielle aufgehellte Spanplatten verwendet, beispielsweise harnstoffharzgebundener Holzwerkstoff mit besonders homogener Feindeckschicht (Gütezeichen FPO) oder Holzwerkstoffe mit Grundierfolie. Reguläres, dunkleres Trägermaterial würde das Bild der hellen Oberfläche verändern. Beide derzeitigen Produktvarianten liegen preislich etwas oberhalb der Standardware. Auch in diesen viel versprechenden Segmenten hängt der Erfolg der Schäbenplatten vor allem am Marketing und am Zugang zu diesen Märkten.

Als weitere Ergänzung der Produktpalette lassen sich zukünftig unter Verwendung von natürlichen Bindemitteln echte Öko-Produkte herstellen. Dies ist jedoch zurzeit ökonomisch noch nicht interessant.

5.1.2.3 Dämmschüttung

Neben den faserigen Dämmvliesen *(siehe Kapitel 4.4)* werden aus den holzigen Bestandteilen der Flachs- und Hanfpflanzen lose, schüttbare Dämmstoffe hergestellt. Aus bauphysikalischen Gründen werden dazu die Schäben oft mit einer schwachen Boratlösung imprägniert (MeHa 2006). Dadurch werden die erhöhten Anforderungen an den Brandschutz sowie an den Schimmelpilz- und Insektenschutz erfüllt. Eine Mischung mit schwerem Kalksplittgranulat reduziert die Resonanz. Im Vergleich zur rein mineralischen Dämmschüttung begrenzen die Hanfschäben die Weiterleitung des Schalls und verhindern gesteinstypische Knirschgeräusche. Als druckbelastbare, schallschluckende Dämmschüttung im Fußbodenbereich

werden vor allem Hanfschäben mit lösungsmittelfreiem Bitumen in gebundener Form angeboten. Diese Produkte sind universell einsetzbar, bauaufsichtlich zugelassen und erfüllen die Estrich-DIN EN 18560-2. Sie werden vorwiegend als Höhenausgleich in der Fußbodensanierung in Altbauten eingesetzt, aber auch in Neubauten und unter Sportböden. Für spezielle Anwendungen sind Mischungen mit Blähtongranulat erhältlich. Dies führt zu einem verbesserten Trittschallschutz (erhöhtes Raumgewicht) und erlaubt auch höhere Druckbelastungen. (MeHa 2006)

Dämmschüttungen aus Hanfschäben sind bereits seit den 60er Jahren auf dem Markt. Bis heute ist die „MeHa Dämmstoff GmbH" in Schifferstadt der einzige Anbieter. Am Anfang kamen die Schäben aus der Deutschen Demokratischen Republik, Ungarn, Russland und dem ehemaligen Jugoslawien, seit den 70er Jahren aus Frankreich. Zurzeit werden jährlich etwa 1.200 – 1.500 t Hanfschäben zu Dämmschüttungen verarbeitet. Diese sollten bei Anlieferung möglichst staub- und faserfrei sein, mit einem Feuchtegehalt von unter 14 % und bei Korngrößen kleiner als 2 cm.

Ausblick

Aufgrund der schlechten Auftragslage im Baugewerbe allgemein – und überproportional im Fußbodenbau – sinkt derzeit die Nachfrage. Der Hauptkonkurrent dieser Naturstoffe sind Produkte aus Gesteinsmaterialien, deren Produzenten wesentlich geringere Einstandskosten für den Rohstoff haben. Aufgrund dieser Konkurrenzsituation wäre eine Preiserhöhung kaum durchsetzbar, selbst dann, wenn die Produktionskosten z.B. durch eine Verringerung der EU-Beihilfen *(vgl. Kapitel 6.1)* steigen würden. Dennoch geht der Hersteller davon aus, dass sich dieses Produkt auch zukünftig in den beschriebenen Nischen behaupten wird (Friese 2006).

5.1.2.4 Schäben als Zuschlag für Lehm und Kalk

Schäben sind ein Jahrhunderte alter Rohstoff für den Hausbau. Die hervorragenden Eigenschaften dieser Materialien, wie die feuchtigkeitsregulierende Wirkung in Verbindung mit Wärme- und Schalldämmung und die Erhöhung der Elastizität (Reduzierung der Rissbildung), sind heute weiterhin wichtige Aspekte. Im ökologischen Bauwesen und in der denkmalgerechten Altbausanierung werden deshalb Flachs- und Hanfschäben als Zuschlagstoff für Lehm- oder Kalkputz verwendet. Der Naturstoffanteil

bewirkt außerdem eine Behaglichkeitswirkung durch die Erhöhung der Oberflächentemperatur der Wände.

Die hohe Wasserabsorption der Schäben kann teilweise zu Problemen führen, daher sind hydraulische Bindemittel wie Zement oder hydraulischer Kalk erforderlich, die auch bei Anwesenheit von Wasser abbinden. Die Wasserabgabe der Schäben darf durch benachbarte Materialschichten nicht verhindert werden. Wird dies beachtet, eignen sich diese Baustoffe für die Schalungs-Stampfbauweise oder für die Trägergerüstbauweise (Ausfachungen, Böden etc.).

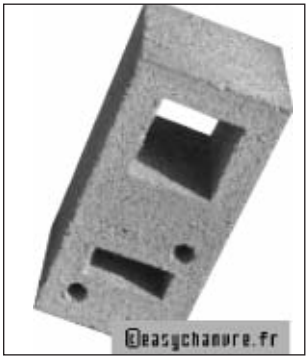
Ökologische Vorteile der Schäben gegenüber konventionellen Baustoffen sind:

- Verwendung nachhaltiger und nachwachsender Rohstoffe
- Bindung von CO_2 über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes, Reduzierung des Treibhauseffekts
- Energieersparnis (in der Herstellung, im Transport und über die Dämmung des Gebäudes)
- Vermeidung problematischer Baustoffe und deren Entsorgung nach Ablauf der Nutzungsdauer

Steine und Leichtbauelemente

Die Schäben eignen sich gut zur Herstellung von Hanfschäben-Steinen, wo sie neben der Gewichtsreduktion für eine Erhöhung der Stabilität sorgen und die Wärmedämmung verbessern. In Frankreich und Belgien liegen hierzu langjährige Erfahrungen vor (z.B. Firma Isochanvre).

Abbildung 67: Hanfschäben-Stein



Quelle: Easychanvre 2006

Relativ neu ist die französische Entwicklung von Hanfschäben-Steinen aus einer speziellen Hanfmischung mit hydraulischem Spezialkalk (Easychanvre). Diese Steine haben gute Dämmeigenschaften, sind leicht, und lassen sich relativ unkompliziert verarbeiten. Für dieses Produkt werden jährlich ca. 10.000 m^3 Schäben eingesetzt, aus denen 100 – 130 Neubauten entstehen. Etwa 20 bis 25 kleinere und mittlere Firmen sind in diesem Bereich tätig. Weitere 20.000 m^3 fließen jährlich in die Altbausanierung;

schätzungsweise 1.000 Gebäude werden so pro Jahr ganz oder teilweise unter Verwendung von Hanfschäben saniert und modernisiert. In dieser recht unübersichtlichen Branche arbeiten in Frankreich mindestens 400 Handwerksunternehmen mit Schäben. (Desanlis 2006)

In Deutschland werden Schäben in noch kleinem Umfang als Beimischung zu gebrannten Ziegeln eingesetzt. Die Schäben bilden kleine Lufteinschlüsse, die den Dämmwert verbessern.

Putze und Verbundsysteme

Das Verputzen der Schäbensteine oder anderer, herkömmlicher Tragkonstruktionen mit Hanf-Kalkputz wird – im Sinne eines „ökologischen Komplettpaketes" – ebenfalls angeboten, schwerpunktmäßig wiederum in Frankreich.

Innenputze oder Beschichtungen können dabei in bekannter Weise aufgebracht werden und lassen sich auch spritzen. Besondere Struktureffekte lassen sich durch die kombinierte Beimischung von Hanfzellulose, -fasern und -schäben erzielen.

Diese als „Hemp-Lime-Concrete" (HLC) bezeichneten Produkte sind leicht bis sehr leicht und haben sehr gute hydrothermische und akustische Eigenschaften. Ihre Dichte liegt bei 300 – 450 kg/m^3. Besonders interessant ist die Verwendung als wärmedämmender Putz: Die Wärmeleitfähigkeit liegt bei HLC lediglich λ = 0,08 bis 0,120 W/(mK) (WLG 080 bis 120) – zum Vergleich: Gewöhnlicher Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement oder hydraulischem Kalk hat einen Bemessungswert von λ = 0,87 W/(mK) und selbst Leichtputz (σ = 700 kg/m^3) liegt noch bei λ = 0,35 W/mK). (Boyeux 2004 und SBT 2001)

Die Putze sind gleichermaßen für innen wie für außen geeignet. Es können Lagen von über 10 cm Dicke realisiert werden. Diese Mischungen sind ebenso gut zum Ausfachen von Holzständer-Fachwerk geeignet, als leicher Bodenbelag (Estrich) für Holzbalkendecken oder als Zwischensparrendämmung im Dachausbau auf einer unterseitigen Verschalung.

Mit Hanfschäben lassen sich aufgrund der feineren Struktur leichter glatte Flächen herstellen als mit Flachsschäben.

Internationale Bedeutung

Die überwiegend in Frankreich beheimatete Hanfschäben-Bauweise hat in den letzten Jahren auch einige andere Länder erreicht:

Im Jahr 2005 wurde beispielsweise in Southwold (Suffolk/ Großbritan-

nien) unter dem Namen „Britain's Greenest Warehouse" eine 2.382 m^2 große Lagerhalle für eine Brauerei errichtet. Die Außenwände und Zwischenwände bestehen aus Blöcken aus Hanf, Zement und Kalk und haben eine gute Dämmwirkung. Die Bauweise reguliert Feuchtigkeit und Temperatur im Innern der Lagerhalle. Selbst an den heißesten Sommertagen war zur Kühlung des Biers keine zusätzliche Klimaanlage erforderlich.

Das zusätzlich mit begrüntem Dach, Solaranlagen und Regenwassernutzung ausgerüstete Gebäude fand große Anerkennung in den Medien und wurde mit dem „Queen's Award for Enterprise: Sustainable Development 2005" ausgezeichnet – auch weil bei dieser Bauweise große Mengen CO_2 gebunden werden, während bei konventionellen Materialien zusätzliche Mengen CO_2 freigesetzt werden. (Hobson 2006 und NP 2006-01-20)

Neben diesem Prestigeobjekt werden inzwischen auch verschiedene Reihenhäuser aus Hanfschäben und Kalk gebaut und fanden guten Anklang bei den Besitzern.

Zement gebundene Hanf-Betonsteine wurden bis in die 90er Jahre in großen Mengen in Rumänien produziert und eingesetzt. Auch hier war die Verringerung des Gewichts bei gleichzeitiger Verbesserung der Dämmeigenschaften die Motivation. Noch in den 80er Jahren wurden in Rumänien über 46.000 ha Hanf kultiviert. Mit dem Niedergang der Hanfwirtschaft verschwanden diese Steine vom Markt. (Bòcsa et al. 2000)

Unter wissenschaftlicher Leitung wurden im Jahre 2005 in New South Wales, Australien, zwei Häuser aus 2,5 Millionen Hanfpflanzen errichtet: Nach Angaben von Dr. Keith Bolton von der Universität Southern Cross wurden aus den Stängeln zusammen mit Kalk und weiteren Bestandteilen Hanfziegel hergestellt, aus denen dann die einfach konstruierten zweistöckigen Häuser gebaut wurden. (Meyer 2005)

In Südafrika sind derzeit 350 Häuser aus Hanfschäben-Steinen geplant – mangels eigenen Hanfanbaus müssen hierfür 15.000 m^3 Schäben in 200 Containern aus Europa importiert werden (Desanlis 2006).

Ausblick

Insgesamt sind Schäben ein interessanter und vielseitiger Rohstoff für den ökologischen Baubereich, stehen hier aber in erheblicher Konkurrenz zu etablierten preisgünstigen Materialien, besonders zu Holz, Stroh und Lehm. Aus zwei weiteren Gründen verläuft die Entwicklung nicht so schnell, wie zunächst erwartet:

In erster Linie bremsen strenge Bauvorschriften, die noch nicht europaweit vereinheitlicht sind, im Gegenteil, sich in Details von Bundesland zu Bundesland unterscheiden, eine flächendeckende Einführung dieser neuartigen Bauprodukte. Auch die neue, verbindliche Wärmeschutzverordnung (WSVO) stellt hohe Anforderungen an die Wärmedämmung von Neubauten, im Zuge genehmigungs- bzw. anzeigepflichtiger Umbauten und Renovierungen gilt sie auch für den Bestand. Eine Bauweise nur mit Hanfschäben-Steinen wäre damit nur schwer in Einklang zu bringen, da die Dämmwerte bei üblichen Wandstärken kaum zu realisieren sind; eine zusätzliche (Hanfvlies-)Dämmlage wäre erforderlich.

Das zweite Hemmnis besteht darin, dass die Fachkräfte im Handel und im verarbeitenden Handwerk ausführlich unterwiesen und geschult werden müssen, damit es nicht zu vermeidbaren Bauschäden – und damit zu einem Imageverlust – kommt (Desanlis 2006).

Prinzipiell müssen natürlich auch die Bauherren und Architekten überhaupt von diesen Möglichkeiten Kenntnis haben. Dabei ist der deutsche Markt ohnehin schwierig: „Der Deutsche“ an sich bevorzugt ein solides Haus – eine Tatsache, mit der auch der Holzbau und Öko-Bau seit Jahren zu tun haben. Besonders in den westlichen und nördlichen Nachbarländern hat man die Vorteile der leichten, natürlichen und kostengünstigen (Holz-)Bauweise jedoch schon längst erkannt.

5.1.2.5 Blumenerde, Torfersatz und Nährstoffgehalt

Durch eine chemische Vorbehandlung ist es möglich, Schäben schnell in nährstoffreiche Blumenerde umzuwandeln. Sie können so vor allem Torf ersetzen. Dieser Markt scheint recht lukrativ zu sein, in den vergangenen Jahren floss hier je nach Produzent sogar der größte Teil der Flachsschäben-Produktion (z.B. bei Holstein-Flachs). (Heger 2006)

Der Blumenerde-Markt ist auch von politischen Entscheidungen geprägt: Durch den Schutz der deutschen Hochmoore darf national kaum noch Torf gestochen werden. Da die Nachfrage aber bestehen bleibt, forcierte diese Regelung teure (und umweltschädliche) Importe aus Osteuropa. Im Sinne einer einheitlichen europäischen Umweltpolitik wäre es zu begrüßen, wenn dort die Moore ebenfalls besser unter Schutz gestellt würden. Damit wäre gleichzeitig ein heimischer, Ressourcen schonender Markt für Blumenerde aus nachwachsenden Rohstoffen (insbesondere für Schäben) geschaffen. (Heger 2006)

Sollen die Hanfschäben kompostiert und als Dünger verwendet werden, so führen sie folgende Nährstoffe in den Boden ab:

Tabelle 29: Nährstoffe in Hanfschäben

Nährstoff	Gehalt in % TM
Gesamt-Stickstoff (N)	0,97
Gesamt-Phosphat (P_2O_5)	0,52
Kali (K_2O)	1,30
Kalk (CaO)	2,41
Magnesium (MgO)	0,21
Salzgehalt (KCl)	2,10

Quelle: Karus et al. 1996

Hanfschäben, die bereits eine Nutzung als Tiereinstreu *(siehe Kapitel 5.1.2.1.)* durchlaufen haben, sind dementsprechend mit nährstoffreichen Tierexkrementen angereichert und finden ebenfalls eine weitere Verwendung als Substrat- und Düngemittel, z.B. in der Pilzzucht. Wichtig ist hier die schnelle Kompostierbarkeit der Hanfschäben, im Gegensatz zu z.B. Holzhackschnitzeln.

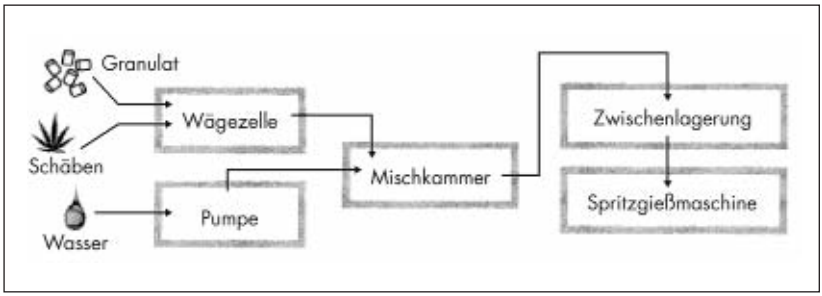
Ein weiteres Produkt auf dem Markt ist der „Boden & Erde Verbesserer" für die Optimierung der Bodenstruktur in Gärten, Gemüsegärten und Töpfen. Es handelt sich um ein hochwertiges organisches Düngemittel zur Auflockerung und Gesundung von Böden und wird aus Reststoffen der Hanffasergewinnung *(siehe Kapitel 2.4)* hergestellt. Der Hanf sorgt dafür, dass Feuchtigkeit länger im Boden gespeichert wird. Auf diese Weise werden Nährstoffe nicht so schnell weggespült und können von den Pflanzen länger genutzt werden.

5.1.2.6 Spezialanwendungen im Automobil: Geschäumte Kunststoffe mit Hanfschäben

Geschäumte Spritzgussartikel gewinnen seit den 90er Jahren an Bedeutung. Mit Aqua-Cell® steht seit kurzem ein weiteres Verfahren zur Verfügung (MöllerTech GmbH): Hierbei werden fein zermahlene und mit Wasser angefeuchtete Hanfschäben in die Polymerschmelze eingebracht. Der dabei

entstehende Wasserdampf schäumt das Polymer auf und das gewünschte Bauteil entsteht im Spritzgusswerkzeug. Die Schäben dienen somit als effizientes, umweltfreundliches und den Prozess nicht störendes Transportmittel für das einzubringende Wasser und halten am Bauteil marginale 5 % (auf die Masse bezogen).

Abbildung 68: Schematische Darstellung des AquaCell®-Verfahrens



Quelle: Salamon 2006

Dieses Verfahren eignet sich besonders zum Schäumen von Polymeren, die bei Temperaturen von maximal 200 °C verarbeitet werden können, bei höheren Temperaturen beginnt allmählich der thermische Abbau der Schäben, der mit einer charakteristischen, holzigen Geruchsentwicklung verbunden ist.

Für dieses innovative Verfahren gibt es bereits eine erste Serienanwendung: „Im Juni 2005 wurde die zunächst kompakt konzipierte Fußraumabdeckung des VW Golf Plus während der Anlaufphase auf das AquaCell® Verfahren umgestellt. Die wesentlichen Gründe für diese Entscheidung waren die Reduktion der Produktkosten durch die Materialersparnis (7 % bei einer Dicke von nur 2,4 mm) und die reduzierte Zykluszeit sowie die guten akustischen Dämmeigenschaften (…)." (Salomon 2006).

Tabelle 30: Bauteileigenschaften von AquaCell (Fußraumabdeckung VW, Wandstärke 2,4 mm)

Eigenschaft	Prüfvorschrift	Ist-Wert	
Dichte		0,860 g/cm³	✓
Streckspannung	DIN ISO 527	17,7 MPa	✓
Schlagzähigkeit	DIN 53453	kein Bruch	✓
Kerbschlagzähigkeit	DIN 53453	14,3 kJ/m²	✓
Wärmeverhalten	24 h 90 °C	keine Veränderung	✓
Kälteverhalten	22 h – 40 °C	keine Veränderung	✓
Alterungsbeständigkeit	400 h 150 °C	keine Versprödung	✓
Brennverhalten	VW TL 1010	21,3 mm/min	✓

Quelle: Salamon 2005

Ausblick

Unter dem Eindruck derzeitiger Preissteigerungen bei Erdöl basierten Rohstoffen ist davon auszugehen, dass Ressourcen schonende Verfahren mit ihrem Potenzial zur (Material-) Kosten- und Gewichtsreduktion zukünftig weitere Märkte erschließen können. Das hier dargestellte AquaCell® Verfahren bietet interessante Optionen für Hanfschäben in hochwertigen Produktgruppen.

5.1.3 Sonstige Nebenprodukte: Nutzung von Schäbenbruchstücken, Faserreststoffen und Stäuben

Im Produktionsprozess entstehen Stäube, kleine Schäbenbruchstücke und ansonsten unbrauchbare Faserreststoffe. Diese können ebenfalls verwertet werden, jedoch wird dies nicht von allen Produzenten so gesehen: Einerseits sind diese Reststoffe für manche „... prinzipiell kein Produkt", sondern sie werden wieder als Nährstoff auf die Felder ausgebracht (Nowotny 2006), andererseits setzt die Nutzung große Investitionen in eine geeignete Anlage zum Verpressen voraus, damit die Produkte nicht gleich wieder zerfallen. Diese Investitionen würden sich aber für die wenigsten Verarbeiter amortisieren. (Heger 2006)

5.1.3.1 Kleintierpellets: Ein schwieriger Markt

Einzelne Hersteller verpressen dieses Feinmaterial aus Schäbenbruchstücken, Faserreststoffen und Stäuben zu kleinen Pellets, die sich gut als Einstreu für Kleintiere eignen, speziell für Katzen, bei denen die Schäben sonst durch elektrostatische Aufladung am Fell hängen bleiben. Ein Hersteller produziert ähnliche Pellets aus reinen Schäben. Dies macht nur für schlechte Schäbenqualitäten Sinn, da gute Qualitäten höherwertige Verwendungsmöglichkeiten finden.

In der Anwendung überzeugen die Hanf-Produkte vor allem durch die geringe Staubentwicklung beim Befüllen der Käfige bzw. Toiletten und durch die geringe Geruchsemission der Einstreumittel. Außerdem entsprechen 14 Liter des stark komprimierten Materials in ihrem Flüssigkeits-Aufnahmevermögen einem Volumen von ca. 60 Litern herkömmliche Tiereinstreu – ein Vorteil, der vor allem Transportkosten und Lagerkapazitäten (auch beim Endkunden) reduzieren hilft.

Im Heimtier-Segment konkurriert das Produkt mit lange eingeführten, sehr kostengünstigen mineralischen Einstreumitteln, die zum Teil als Nebenprodukt der Porenbeton-Industrie anfallen. Die Preise für konventionelles Katzenstreu liegen zwischen 0,22 und 0,87 €/kg, bzw. Liter (Öko-Test 2005), während Hanfstreu/-pellets für Preise zwischen 0,75 und 1,20 €/kg gehandelt werden (Endkundenpreise inkl. MwSt., diverse Anbieter). Weitere Konkurrenzprodukte sind Sägemehle, Stroh und Strohpellets, Cellulose-Einstreu, Maisstreu und weitere natürliche Einstreumittel.

Die Vermarktung ist anbetracht der großen und etablierten Konkurrenz sehr schwierig; die Vorteile des Produktes müssen daher dem Händler und dem Endkunden gut kommuniziert werden.

5.1.3.2 Energetische Nutzung: Interessant bei steigenden Heizölkosten

Traditionell fanden Schäben vor Ort Verwendung als Brennmaterial. Die dabei freigesetzte Energie wurde direkt zur Warmwasserröste oder in der Faseraufbereitung eingesetzt. Eine Vermarktung der vielseitig nutzbaren Schäben als Brennstoff erscheint jedoch heute aufgrund der vergleichsweise geringen Wertschöpfung wenig sinnvoll, wird aber dennoch aktuell praktiziert – 8 % der Schäben in der EU werden thermisch genutzt *(siehe Grafik 14b in Kapitel 1.3.3)*. Genutzt werden hier vor allem solche Qualitä-

Abbildung 68b:
Hanfbriketts zum Heizen

Quelle: Heizungs-Betrieb 2006

ten, die wegen ihrer geringen Größe oder dunklen Farbe nicht hochpreisiger vermarktet werden können.

Die Nutzung von verpressten Hanf-Reststoffen in Form von Briketts als Nebenprodukt der Fasergewinnung ist eine relativ neue Entwicklung. Die Briketts bieten eine lange Brenndauer und verbreiten einen würzigen Geruch.

Der Heizwert liegt bei etwa 18 MJ/kg und entspricht somit etwa dem von Holzpellets.

Der Preis pro Palette (85 Bund zu je 9 Briketts, insgesamt ca. 800 kg) liegt bei 76,50 € (entspricht ca. 95,63 €/t) ab Werk, beziehungsweise 185,00 € inkl. Lieferung (ca. 231,25 €/t), bei Abnahme größerer Mengen gibt es deutliche Rabatte (BaFa 2006). Diese Briketts sind somit sowohl im Heizwert wie auch im Preis vergleichbar mit Holzpellets (oder sogar günstiger): Diese kosten derzeit etwa 215,61 €/t (Mittelwert August 2006, für eine Menge von 5 t inkl. Lieferung bis 50 km) (C.A.R.M.E.N. 2006a).

In Deutschland werden derzeit jährlich 800 – 1.000 t Hanf-Briketts produziert und verkauft. (Frank 2006).

Ausblick

Festbrennstoffe gewinnen aufgrund des stetig steigenden Heizölpreises stark an Bedeutung. Größter Gewinner sind bisher die sauberen und komfortablen Holzpellets. Im Jahr 2005 ist der Bestand an Pelletsheizungen in Deutschland von 26.000 auf rund 40.000 gestiegen. Bis Ende 2006 werden es knapp 70.000 Anlagen sein. Die Produktionskapazitäten sollen 2007 bei ca. 1. Mio. t/a liegen, die Hälfte davon, knapp 500.000 t/a wird heute schon tatsächlich produziert, dennoch gab es in den Wintermonaten Engpässe in der Versorgung. (DEPV 2006).

Die Hanfbriketts sind eher als Ergänzung für Anlagen zu sehen, die mit Scheitholz und/oder von Hand beschickt werden, weil zumindest die derzeit erhältlichen, großen Briketts nicht über Schnecken gefördert werden können. Würde man die Reststoffe stattdessen zukünftig im Pellet-Format

pressen, könnten sich – bei entsprechenden Zulassungen – interessante Absatzmärkte für diese ansonsten kaum Gewinn bringend vermarktbaren Produktions-Reststoffe eröffnen.

5.2 Samen: Hoher ernährungsphysiologischer und gesundheitlicher Wert

5.2.1 Merkmale und Eigenschaften der Samen

Leinsamen (Flachssamen)

Der Samen des Flachses wird als Leinsamen bezeichnet. Dieser ist jedoch in der Regel kein Nebenprodukt des Faserflachses, da Leinsamen aus speziellen Züchtungen, dem Öllein, gewonnen wird. Aber auch beim Faserlein fallen ca. 5 – 7 % Samen an. Daher wird im gesamten Kapitel im Vergleich zu den wirtschaftlich wichtigeren Hanfsamen nur kurz auf die Verwendungsmöglichkeiten von Leinsamen eingegangen.

Flachs wächst auf zierlichen, ca. 60 cm langen Stängeln, besetzt mit vielen schmalen Blättern und himmelblau-violetten fünfzähligen Blüten. Bei der Reife entsteht eine runde, hellbraune Kapsel, die acht bis zehn goldgelbe Samen enthält. Das Abtrennen der Fruchtkapseln mit den Leinsamen vom gereiften, trockenen Flachsstängel wird als „Riffeln“ bezeichnet.

Leinsamen enthalten ca. 40 % Fett und sind reich an Proteinen, Ballaststoffen, Schleimstoffen und Vitaminen (B1, B2, B6, E, Nicotin-, Fol- und Panthotensäure). Für Pflanzenöle ungewöhnlich ist der sehr hohe Anteil (ca. 50 %) der dreifach ungesättigen Omega-3-Fettsäure Alpha-Linolensäure *(siehe Tabelle 31)*. Er prädestiniert das Leinöl sowohl als Pflanzenöl für die gesunde Ernährung als auch als Bestandteil von Firnis.

Tabelle 31: Fettsäurezusammensetzung tierischer Fette und verschiedener pflanzlicher Fette (in Prozent Gesamtfettsäuren)

gesättigte Fettsäuren			ungesättigte Fettsäuren			
	Palmitinsäure	Stearinsäure	Ölsäure	Linolsäure (Omega-6)	Alpha-Linolensäure (Omega-3)	Gamma-Linolensäure
Anzahl Doppelbindungen			eine	zwei	drei	drei
Schweinefett	24	14	43	9	1	–
Butterfett	25	18 – 20	28,5	2 – 3	–	–
Borretschöl	9 – 11	2 – 4	14 – 18	25 – 40	>1	21 – 25
Distelöl	2 – 6	1 – 4	14 – 24	44 – 70	Spuren	–
Hanföl	6 – 9	2 – 3	10 – 16	50 – 70	15 – 25	2 – 4
Haselnussöl	3 – 10	1 – 2	85 – 88	3 – 9	–	–
Kürbiskernöl	15 – 17	2 – 4	30 – 35	50 – 55	1	–
Leinöl	5 – 7	4 – 8	13 – 23	17 – 31	44 – 54	–
Nachtkerzenöl	4 – 12	1 – 8	12 – 20	55 – 65	–	6 – 14
Olivenöl	7 – 16	2 – 4	64 – 86	4 – 15	1	–
Rapsöl	3 – 4	2 – 3	54 – 60	24 – 28	9 – 11	–
Schwarze Johannisbeere (Kernöl)	6 – 7	1 – 2	9 – 11	45 – 60	12 – 15	15 – 19
Schwarzkümmelöl	12	2 – 3	23 – 25	56 – 60	>1	–
Sesamöl	7 – 9	4 – 5	35 – 46	40 – 48	–	–
Sojaöl	10 – 12	2 – 4	20 – 34	49 – 55	4 – 12	–
Sonnenblumenöl	3 – 6	2 – 3	30 – 40	50 – 64	Spuren	–
Traubenkernöl	4 – 8	2 – 3	10 – 12	70 – 78	1	–

(Quelle: Karus et al. 2003b)

Der Leinsamen wird in größeren Mengen als Zutat für Lebensmittel, hauptsächlich Back-waren, Müsli und als Nahrungsergänzungsmittel, verwendet. Leinsamen haben sich zudem als natürliches, nicht apothekenpflichtiges Heilmittel bewährt. *(Siehe Kapitel 5.2.2)*

Große Mengen der Leinsamen werden zu Leinöl gepresst, das sowohl als hochwertiges Speiseöl und Therapeutikum *(Kapitel 5.2.2)* als vor allem auch in technischen Anwendungen, wie insbesondere Druckfarben, zum Einsatz kommt *(siehe Kapitel 5.2.6)*.

Da Lein ein Cadmium-Sammler ist, können nicht alle Leinsamen im Lebensmittelbereich genutzt werden. Bei hoher Cadmium-Verfügbarkeit im Boden können die Cadmium-Grenzwerte für Lebensmittel überschritten werden. (Heger 2007)

Abbildung 69: Fruchtkapseln des Leinsamen

Quelle: FNR 2005a

Tabelle 32: Nährstoffgehalt eines Esslöffels Samen in handelsüblicher Darreichungsform

Inhaltsstoffe bezogen auf einen Esslöffel, entspricht 10 Gramm	Leinsamen (gemahlen)	Hanfsamen (geschält)
Energie (kcal)	49	56
Protein (in g)	*1,9*	*3,3*
Fette, gesamt (in g)	*3,4*	*4,4*
gesättigte Fette (in g)	0,3	0,4
Linolsäure (LA, 2-fach ungesättigte Omega-6-Fettsäure, essenziell) (in g)	0,4	2,4
Gamma-Linolensäure (GLA, 3-fach ungesättigte Omega-6-Fettsäure) (in g)	0	0,2
Alpha-Linolensäure (ALA, 3-fach ungesättigte Omega-3-Fettsäure, essenziell) (in g)	1,8	0,8
Stearidonsäure (SDA, 4-fach ungesättigte Omega-3-Fettsäure)	0	0,1
Cholesterin (in mg)	0	0
Kohlenhydrate (in g)	*3,4*	*1,2*
Ballaststoffe	2,8	0,7
Mineralien		
Phosphor (% DV)	5 %	16 %
Magnesium (% DV)	9 %	17 %
Mangan (% DV)	17 %	50 %
Eisen (% DV)	3 %	6 %
Kalium (% DV)	2 %	3 %
Natrium (% DV)	<1 %	<1 %

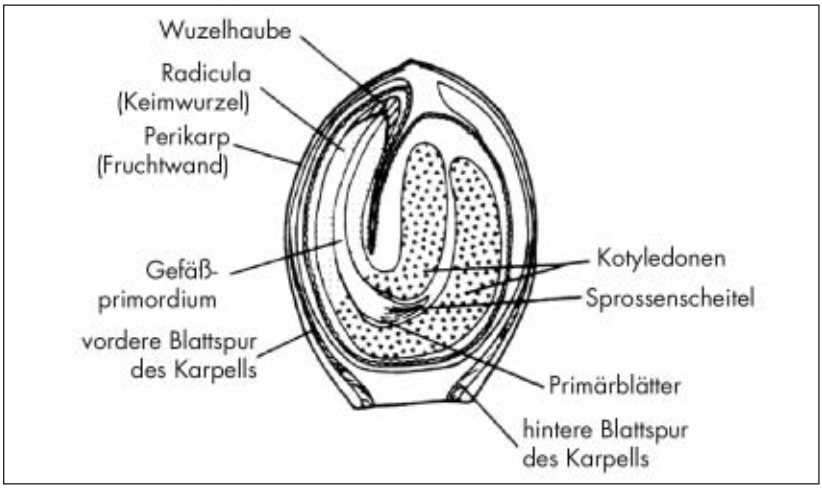
DV = Daily Value; von der US-Regierung empfohlene tägliche Aufnahmemenge von Makro- und Mikronährstoffen

Quelle: Leson 2006b

Hanfsamen

Aus botanischer Sicht handelt es sich bei der Frucht des Hanfs, dem Hanfsamen, um eine Nuss („Nüsschen"), die von einer dünnen, glasigen Fruchtschale umgeben ist. Die nährstoffreichen Samen sind braun bis schwarzgrau, manchmal auch grüngrau gefärbt. Hanfsamen haben einen Durchmesser von etwa 3 bis 4 mm und ein Tausendkorngewicht von 15 – 20 g.

Abbildung 70: Längsschnitt durch eine Hanffrucht



Quelle und Grafik: Clarke 1997

Hanfsamen enthalten durchschnittlich 28 – 35 % Fett, 30 – 35 % Kohlenhydrate, 20 – 24 % Protein und einen, verglichen mit anderen pflanzlichen Lebensmitteln, hohen Gehalt an B-Vitaminen (vor allem B1 und B2), Vitamin E, Kalzium, Magnesium, Kalium und Eisen. Der Proteingehalt von Hanfsamen liegt mit 20 – 24 % höher als bei Leinsamen (18 %), aber nicht so hoch wie bei Soja (35 %).

Seit Jahrtausenden werden Hanfsamen und Hanföl in Asien und Europa für die menschliche Ernährung genutzt. Noch bis zum Zweiten Weltkrieg war Hanföl ein bekanntes Pflanzenöl. Erst nach dem Krieg geriet der Hanf infolge der weltweiten Marihuana-Prohibition ins Abseits *(siehe Kapitel 1.2.2)*. Erst in den letzten Jahren hat die Wissenschaft den hohen

(Nähr-)Wert der Hanfsamen (wieder-) entdeckt und prophezeit dem Hanf heute eine interessante Zukunft als Samen- und Ölpflanze *(siehe Kapitel 5.2.4)*.

Hanfsamen gehören zu den ernährungsphysiologisch hochwertigsten Ölfrüchten überhaupt. Dies liegt vor allem an ihrem Fettsäurespektrum *(siehe Tabelle 33)*. Hanföl enthält die Omega-6-Fettsäuren Linolsäure (LA) und Gamma-Linolen-Säure (GLA) sowie die Omega-3-Fettsäuren Alpha-Linolen- (ALA) und Stearidon-Säure (SDA) in ernährungsphysiologisch optimalen Verhältnissen. Der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren ist mit 75 bis 80 % im Vergleich zu anderen Ölen ungewöhnlich hoch. Die wohlschmeckenden Hanfsamen eignen sich daher sowohl für eine gesunde Ernährung, als auch zur Nahrungsergänzung und als Therapeutikum. *(Siehe Kapitel 5.2.2)*

Im Gegensatz zu Nordamerika sind jedoch die nahrungsphysiologischen Vorteile von Hanfsamen und -öl in Deutschland derzeit nicht ausreichend bekannt. Daher finden die Samen derzeit vor allem in ihren historischen Märkten große Verwendung: Als Vogelfutter oder Fischköder *(siehe Kapitel 5.2.5)* – und nur in geringem Maße als Nahrungsmittel. Auch das aus dem Hanfsamen gepresste Öl bietet aufgrund der Inhaltstoffe besondere Qualitäten als Speiseöl und für Pflegeprodukte und Kosmetika. Bis heute werden Hanfsamen und kalt gepresste Hanföle nur gelegentlich im Naturwarenhandel, in Reformhäusern und Apotheken sowie in Hanfläden und über das Internet angeboten. *(Siehe Kapitel 5.2.3)*

Die Ernte der Samen erfolgt in Deutschland mit speziellen Erntemaschinen, die sowohl den Samen, als auch die Pflanzenstängel gleichzeitig ernten und trennen (Koppelnutzung). Die Samengewinnung als Koppelprodukt ist klimatisch bedingt nur in Mittel- und Südeuropa, nicht jedoch in Nordeuropa zu betreiben: Das Ausreifen der Samen würde in kälteren Regionen zu lange dauern und damit die Faserqualität gefährden (Ernte- und Röstrisiko). In Norddeutschland findet daher generell keine Samengewinnung statt. Im wärmeren Süddeutschland können aber die Samen als Koppelprodukt genutzt werden. Eine reine Samenproduktion ohne Nutzung der Fasern ist ökonomisch nur im biologischen Landbau sinnvoll, wo der Bio-Mehrwert den Verzicht auf das Stroheinkommen ermöglicht.

Im Gegensatz zu Frankreich und Deutschland wird Hanf in Kanada *(Kapitel 5.2.3)* und auf kleinen Flächen auch in Großbritannien, Finnland und Ungarn zur reinen Samengewin-nung ohne die Nutzung der Faser angebaut.

Tabelle 33: Nährstoffanalyse von Hanfsamen, Hanföl und Presskuchen

	je 100 Gramm		
	Hanfsamen ungeschält	Hanfsamen (geschält)	Hanfsamen-mehl (Press-kuchenmehl)
Energiegehalt	385 Kcal	560 Kcal	260 Kcal
Trockensubstanzgehalt	94 g	95 g	96,6 g
Protein (Eiweiß)	20 – 24 g	33 g	28,1 g
Fett total,			
Aufschlüsselung s.u.	28 – 35 g	44 g	9,4 g
Gesättigte Fettsäuren	3 g	5 g	ca. 0,8 g
Ungesättigte Fettsäuren	28 g	39 g	ca. 8,6 g
Kohlenhydrate	30 – 35 g	12 g	56,5 g
davon Ballaststoffe	33 g	5 g	42 g
Asche	6 g	6 g	4,9 g

Vitamine:	je 100 Gramm Hanfsamen (ungeschält)	Tagesbedarf Erwachsener (DGE-Empf.)
Vit B1 (Thiamin)	0,9 mg	1,1 – 1,4 mg
Vit B2 (Riboflavin)	1,1 mg	1,5 – 1,7 mg
Niacin (Nicotinamid)	2,5 mg	15 – 18 mg
Vit B6 (Pyridoxin)	0,3 mg	1,6 – 1,8 mg
Vit E (Tokopherole)	3,0 mg	12,0 mg

Fettsäurespektrum:	je 100 Gramm Hanföl	Tagesbedarf Erwachsener
Gesättigte Fettsäuren	9 – 11 g	
Palmitinsäure (16:0)	6 – 9 g	
Stearinsäure (18:0)	2 – 3,5 g	
Arachinsäure (20:0)	1 – 3 g	
Behensäure (22:0)	< 0,3 g	
Ungesättigte Fettsäuren (total)	89 – 91 g	
Ölsäure (18:1 Omega-9)	10 – 16 mg	
Linolsäure (18:2 Omega-6, essenziell)	50 – 70 g	10 g
Alpha-Linolensäure (18:3, essenziell)	15 – 25 g	2 – 3 g
Gamma-Linolensäure (18:3 Omega 6)	2 – 4 g	
Stearidonsäure (18:4 Omega-3)	0,4 – 2 g	
Gadoleinsäure (20:1 Omega-9)	< 0,5 g	

Quelle: Karus et al. 2003

5.2.2 Ernährungsphysiologischer und therapeutischer Wert

Über die Nahrung werden die Grundstoffe Proteine (Eiweiße), Kohlenhydrate (Zucker) und Lipide (Fette) sowie Mineralstoffe, Vitamine, Spurenelemente und Ballaststoffe aufgenommen. Dies sollte in ausreichenden Mengen, aber auch im ausgewogenen Verhältnis geschehen, andernfalls verläuft der Stoffwechsel nicht ideal und es kann zu Mangelerscheinungen kommen; zum Beispiel wird die Verschiebung der Balance zwischen Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren zugunsten von Omega-6 in der westlichen Nahrung von Ernährungsphysiologen inzwischen mitverantwortlich für eine Reihe von Zivilisationskrankheiten gemacht, insbesondere die Förderung entzündlicher Krankheiten.

Leinsamen und Hanfsamen sind seit Jahrhunderten Bestandteil der menschlichen Ernährung – ob als Samen oder als Öl. Beide bieten dem menschlichen Körper mehrere in unserer Nahrung eher knappe Nährstoffe, insbesondere die Omega-3-Fettsäuren ALA und SDA, die Omega-6-Fettsäure GLA, sowie Vitamine, Mineralien und Phytochemikalien. Zudem sind Samen und Öl wohlschmeckend.

5.2.2.1 Leinsamen und Leinöl

Ganze Leinsamen sind mit brauner bzw. gelber Schale erhältlich und schmecken leicht nussig. Sie werden als Lebensmittel hauptsächlich zum Bestreuen oder Einbacken in Brote verwendet. Dieser unbehandelte Leinsamen (auch nach Quellung) verlässt weitestgehend unverändert das Verdauungssystem des Menschen, weshalb es zu keiner nennenswerten Aufnahme der Inhaltsstoffe kommt.

Geschält und aufgebrochen ist der Samen besonders quellfähig. Damit sich das hohe Quellvolumen schneller entwickeln kann, sollte man ausreichend Flüssigkeit zu sich nehmen. Dies kann gezielt eingesetzt werden, um die Darmtätigkeit anzuregen *(s.u.)*.

Zudem stellen Leinsamen die größte Nahrungsmittelquelle für Lignane dar, eine der drei wichtigsten Klassen von Phytoöstrogenen. Lignane werden als Glykoside aufgenommen und durch Bakterien im Dickdarm in Enterodiol und Enterolacton umgewandelt (Dodin et al. 2005). Phytoöstrogene binden an Östrogenrezeptoren und üben abhängig vom Gewebe partiell agonistische oder antagonistische Wirkungen, das heißt: fördernde

oder hemmende Wirkungen, aus. In einer Studie mit Frauen nach der Menopause, die eine Hypercholeste-rinämie aufwiesen, waren 40 g geschrotete Leinsamen täglich etwa so wirksam wie 0,625 konjugiertes Östrogen (Lemay et al. 2002). Darüber hinaus enthalten Leinsamen lösliche und nicht lösliche Fasern (Leson 2006a).

Auch das Leinsamenöl findet in der Lebensmittelindustrie Verwendung. Es enthält unter den bekannten Speiseölen den höchsten Anteil an Omega-3-Fettsäuren, nämlich je nach Sorte etwa 45 bis 55 % Alpha-Linolensäure, im Gegensatz zum Hanfsamen(-öl) jedoch keine Gamma-Linolensäure. Leinöl ist besonders geeignet, einen Mangel an Omega-3-Fettsäuren, wie er in der heutigen Ernährung aufgrund des hohen Anteils von Sonnenblumenöl (enthält praktisch nur Omega-6-Fettsäuren, *siehe Tabelle 31*) häufig auftritt, auszugleichen.

Therapeutischer Einsatz

Lein- und Hanfsamen und deren Öle sind wirksame, nicht apothekenpflichtige Heilmittel, die schon seit Jahrhunderten bekannt sind. Ihre Wirkungen werden bereits in frühen Werken der Medizin beschrieben. Viele natürliche Heilmittel sind jedoch im Zuge des Aufschwungs der Pharmaindustrie in Vergessenheit geraten und werden erst allmählich wieder entdeckt.

Medizinisch werden Leinsamen vorwiegend als mildes Abführmittel angewandt, da es durch seine Fasern das Stuhlvolumen vergrößert. Die entzündungshemmenden Eigenschaf-ten der Omega-3-Fettsäuren können positive Wirkungen bei chronischen Darmentzündungen und rheumatoider Arthritis bewirken (Simopoulos 2002). Omega-3-Fettsäuren wirken sich positiv auf die Blutgefäße aus, indem sie der Artheriosklerose vorbeugen (Mandasescu et al. 2005). Diese Wirkung wird auf eine positive Beeinflussung der Zusammensetzung der Blutfette und auf die Entzündungshemmung zurückgeführt.

In tierexperimentellen Studien wirkte sich Flachssamen positiv bei Brustkrebs aus, indem es die Wirksamkeit des Krebsmittels Tamoxifen deutlich verstärkte (Chen et al. 2004).

Flachssamen wird zudem gegen Menopause-Beschwerden eingesetzt, da man sich einen leichten östrogenartigen Effekt erhofft. Die Ergebnisse der klinischen Studien zu diesem Thema sind allerdings widersprüchlich, da dieser Effekt offensichtlich nur schwach ist (Dodin et al. 2005). Weitere therapeutische Einsatzgebiete, die in ähnlicher Weise auch für Hanföl

gelten, sind im nächsten Unterkapitel 5.2.2.2 beschrieben.

Die Gefahr einer Blausäurevergiftung durch Leinöl und Leinsamen? Leinsamenöl ist jedoch nicht in allen Ländern der EU zugelassen; der Grund des Verbotes ist die Gefahr einer Blausäurevergiftung bei Überdosierung aufgrund der enthaltenen cyanogenen Glycoside/Amygdalin.

> „Ölmühlen können für traditionelle und neuartige Industrie-Spezialöle, genauso wie für Speiseöle ergänzend Leinsamen hinzuziehen. Dessen Verzehr ist in den meisten Ländern der Union erlaubt, außer in Frankreich und Portugal." (Ernst & Young 2005)

Die Universität Zürich, Institut für Veterinärpharmakologie und –toxikologie (Direktor: Prof. F.R. Althaus), bewertet Leinsamen (Linum usitatissimum) als „Sehr stark giftig +++" (CliniTox 2006). Die Hauptwirkstoffe Cyanogene Glycoside Linamarin, Lotaustralin würden durch das Enzym Linamarase in Aceton, Blausäure und Glukose gespalten. Die Enzymaktivität sei jedoch von pH-Wert und Wassergehalt der Pflanze abhängig. Ein weiterer, bedenklicher Wirkstoff sei Linatin (Vitamin B6-Antagonist). Junge grüne Schösslinge können bis zu 5 % des Trockengewichts an Linamarin und Lotaustralin enthalten. (Clini-Tox 2006). Bei der hier beschriebenen Reaktion wird maximal 32 mg Blausäure/100 g Leinsamen freigesetzt. Durch das saure Milieu im Magen wird dieses Enzym aber in seiner Funktion inaktiviert, so dass nur unbedenkliche Mengen an Blausäure gebildet werden. Werden die Leinsamen mindestens 10 Minuten gekocht, wird ohnehin das Enzym, das für die Freisetzung der Blausäure verantwortlich ist, zerstört und somit die Blausäurebildung verhindert (CliniTox 2006).

Für die menschliche Ernährung gilt folgende Empfehlung: Nicht mehr als 20 g Leinsamen täglich.

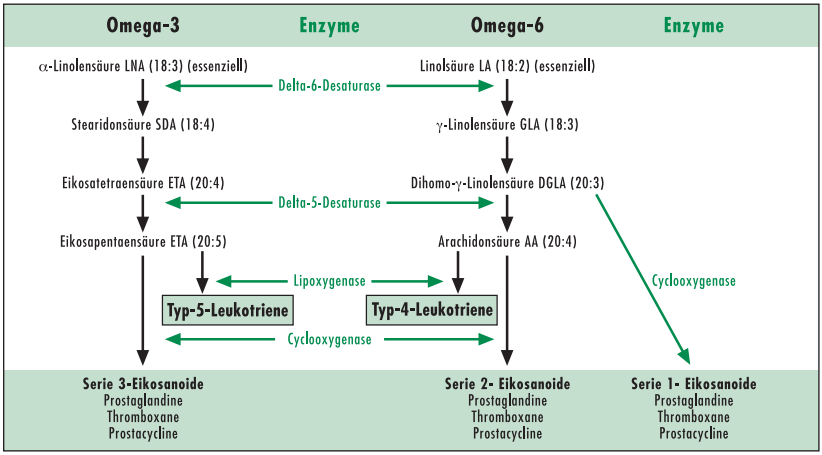
5.2.2.2 Hanfsamen und Hanföl

Hanföl ist reich an den für den menschlichen Organismus lebenswichtigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren (75 bis 80 %). Die essenziellen Fettsäuren Linolsäure und Alpha-Linolensäure machen ca. 75 % der Fettsäuren im Hanföl aus. Essenzielle Fettsäuren kann der Körper nicht selbst bilden, sie müssen daher mit der Nahrung aufgenommen werden. Der Anteil der dreifach ungesättigten Alpha-Linolensäure (Omega-3) beträgt typischerweise 15 bis 25 % der gesamten Hanf-Fettsäuren und wird anteilsmäßig nur von Leinöl übertroffen. Hanföl enthält zudem die beiden „höheren Fettsäuren" Gamma-Linolensäure (GLA), die 2 bis 4 % der

Fettsäuren des Hanfes ausmacht und die Stearidonsäure (SDA). Diese werden vom Körper aus den essenziellen Fettsäuren als Zwischenstufe bei der Verarbeitung zu Eikosanoiden gebildet (siehe Abbildung 71) und haben eine höhere biologische Wertigkeit als die essenziellen Fettsäuren selbst. (Leson 2006a)

Gerade die Omega-3-Fettsäure Alpha-Linolensäure kommt nur in sehr wenigen Speiseölen in relevanten Mengen vor. Außerdem ist der Verzehr von Fisch, der in der Regel hohe Mengen der höheren Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA enthält, in den meisten westlichen Ländern eher gering. Ernährungswissenschaftler empfehlen, dass „für die richtige Balance der Gewebehormone Omega-6-Fette und Omega-3-Fette im Verhältnis 3:1 zugeführt werden sollen. Wir bekommen aber 20-mal mehr Omega-6-Fette. (…) Das Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fetten in Hanföl ist 3:1. Hanföl gehört deswegen zu den Top-Omega-3-Lieferanten." (Strunz & Jopp 2002). Wissenschaftler der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (Münster) und der Martin-Luther-Universität (Halle-Wittenberg) ergänzen: „Der Verzehr dieses Öls kann (…) dazu beitragen, das Verhältnis der aufgenommenen Fettsäuren in die richtige Richtung zu verändern." (Matthäus et al. 2001).

Abbildung 71: Schematische Darstellung zur Eikosanoidbildung aus Linol- und Alpha-Linolensäure



Quelle: Karus et al. 2003b

Die Aufnahme von zu viel Omega-6-Fettsäuren kann Folgendes mit sich bringen: Blutfette werden anfällig für Oxidation, sie bringen Gewebehormone durcheinander, indem sie verhindern, dass Omega-3-Fette für Gewebehormone genutzt werden. Zu viele Omega-6-Gewebehormone erhöhen den Blutdruck, verdicken das Blut, verengen Blutgefäße, wirken entzündungsfördernd und können das Immunsystem chronisch aktivieren. (Strunz & Jopp 2002)

Da aus unserer gegenwärtigen Kost Alpha-Linolensäure (ALA, in der Abb. 71 und den folgenden Abschnitten auch als LNA bezeichnet) aufgrund ihrer geringen Haltbarkeit weitestgehend verschwunden ist, während Linolsäure (LA) in den meisten industriell verwendeten Ölen – wie z.B. Sonnenblumenöl – in ausreichenden Mengen zu finden ist, kann es leicht zu Störungen dieses Gleichgewichts kommen. Die starke Aktivität der LA-Eikosanoide kann nicht in ausreichendem Maße von LNA-Eikosanoiden kompensiert werden.

Ein Mangel an Omega-3-Fettsäuren bzw. den daraus gebildeten LNA-Eikosanoiden kann zu verschiedenen weit verbreiteten, akuten und chronischen Erkrankungen beitragen, darunter vor allem die Arteriosklerose (Blutgefäßverkalkung) und ihre Folgeerscheinungen Bluthochdruck, Herzinfarkt und Schlaganfall. Omega-3-Fettsäuren wirken zudem entzündungshemmend bei chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen und rheumatoider Arthritis.

Über die Korrektur des Ungleichgewichts zwischen Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren eröffnen sich Therapieansätze, z.B. bei Fettstoffwechselstörungen, arteriosklerotischen Gefäßerkrankungen, Allergien oder Entzündungsreaktionen. Diese können durch zusätzliche Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren, z.B. aus Leinöl oder Hanföl mit einem relativ hohen Anteil an LNA (Leinöl: 44 – 54 %, Hanföl: 15 – 25 %) positiv beeinflusst werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Enzym (Delta-6-Desaturase), um das LA und LNA konkurrieren, eine höhere Affinität zu LNA hat. Das bedeutet, dass bei gleichzeitiger Aufnah-me von LNA und LA die vorteilhaften LNA-Eikosanoide in größerem Maße synthetisiert werden und somit das Gleichgewicht von hochaktiven und schwach aktiven Eikosanoiden erhalten bleibt, bzw. wiederhergestellt wird.

Die Wirkung entzündungshemmender Medikamente setzt ebenfalls am Fettstoffwechsel an. So blockieren nichtsteroidale Entzündungshemmer (Acetylsalicylsäure) die Umwand-lung von Arachidonsäure zu den Serie-2-Eikosanoiden, während steroidale Entzündungshemmer wie Corti-

son die Freisetzung von Arachidonsäure aus der Zellmembran verhindern. In beiden Fällen bleibt die Bildung der Serie-2-Eikosanoide aus.

Eine weitere mögliche Ursache für ein gestörtes Eikosanoid-Gleichgewicht ist eine verminderte Aktivität oder ein Defekt des Enzyms Delta-6-Desaturase (genetisch bedingt oder ausgelöst durch Alkoholismus oder physiologischen Stress), was die Bildung von Eikosanoiden aller Serien verhindert. Auch diese Störung kann man mit der Einnahme von Hanföl positiv beeinflussen, da Hanföl die beiden Zwischenstufen beider Synthesewege, Stearidonsäure und Gamma-Linolensäure, in relevanten Mengen enthält. (Berdanier 1995, Erasmus 1994)

Gamma-Linolensäure soll sich äußerlich und innerlich angewandt günstig auf den Verlauf der Neurodermitis (atopisches Ekzem) auswirken *(siehe Kapitel 5.2.4)*.

Fazit

Hanföl kann mit seinen vielen und hochwertigen ungesättigten Fettsäuren einen wertvollen Beitrag für die menschliche Ernährung leisten, insbesondere da sein Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren mit 3:1 für die richtige Balance der Gewebehormone ideal ist. Eine Menge von 15 bis 20 g Hanföl – entsprechend 3 bis 4 Teelöffel – pro Tag (bzw. 50 bis 60 g Hanfsamen pro Tag) deckt den Bedarf des Menschen an den beiden essenziellen Fettsäuren LA und ALA (= LNA) vollständig.

Bei einem expliziten Mangel an Omega-3-Fettsäuren bzw. den entsprechenden LNA-Eikosanoiden mit sichtbaren Folgen für die Gesundheit, ist im therapeutischen Einsatz Leinöl mit seinem besonders hohen Omega-3-Anteil allerdings die erste Wahl.

Hanfprotein

Der Proteingehalt von Hanfsamen beträgt 20 bis 24 % und liegt damit höher als bei Leinsamen (18 %), aber nicht so hoch wie bei Soja (35 %). Proteine (Eiweiße) werden im Magen-Darm-Trakt in ihre Bestandteile, die Aminosäuren, zerlegt. Der Nährwert eines Proteins wird im Wesentlichen durch seine Aminosäurenzusammensetzung bestimmt. Acht der insgesamt 21 Aminosäuren kann der menschliche Körper nicht selbst produzieren. Sie müssen von außen zugeführt werden, damit im menschlichen Organismus die notwendigen Körperproteine in hinreichender Menge aufgebaut werden können. Diese acht Aminosäuren werden daher als essenzielle Aminosäuren bezeichnet.

Hanfprotein enthält alle acht essenziellen Aminosäuren und ist daher qualitativ hochwertig, auch wenn es, wie bei Ölfrüchten normal, einen geringeren Gehalt an Lysin hat und daher nicht als „vollständiges Protein" bezeichnet werden kann. Strukturell besteht Hanfprotein primär aus dem leicht verdaulichen Globulin Edestin. Hanfsamen stellt somit eine gute Proteinquelle für den Menschen dar; aus Hanfprotein kann der menschliche Organismus alle lebensnotwendigen Proteine herstellen. Das Verhältnis von essenziellen zu nichtessenziellen Aminosäuren (E/N-Ratio) liegt bei Hanf bei 1:0,9 (Slansky 1997).

Der Tagesbedarf eines Erwachsenen an Protein beträgt, in Abhängigkeit vom Körpergewicht und der körperlichen Tätigkeit sowie von der Proteinqualität, etwa 45 bis 120 Gramm/Tag, bei Schwerstarbeit auch mehr. Zum Vergleich: Mit 50 Gramm Hanfsamen – ungeschält oder geschält – werden etwa 10 Gramm hochwertiges Protein aufgenommen. Eine umfangreiche Untersuchung der Zusammensetzung und der Verdaulichkeit des Proteins verschiedener Hanfsorten wird derzeit in Kanada durchgeführt (Leson 2006a). Der Markt für diese Produkte ist inzwischen schon gut entwickelt: Es gibt Hanfprotein als Sportler-Nahrung unter anderem in Kanada, USA und China.

5.2.3 Lebensmittel aus Leinsamen und Hanfsamen

Leinsamen

Weltweit sind Kanada, USA, China und Indien die Hauptproduzenten für (Öl-)Lein, in Europa sind dies Frankreich, Großbritannien und Deutschland *(siehe auch Kapitel 1.2.4)*, wie folgende Tabelle zeigt.

Tabelle 34: Leinsamenproduktion in den wichtigsten Anbauländern in 2005

Anbau-/Produktionsland	Produktion in t
Kanada	1.082.000
USA	500.280
China	480.000
Indien	230.000
Frankreich	59.240
Großbritannien	54.570
Deutschland	25.370
Welt	**2.878.100**

Quelle: FAOSTAT 2007

Leinsamen und Leinöl werden primär aus Öllein und nicht als Koppelprodukt des Faserflachses gewonnen. Da Öllein aber im Gegensatz zum Faserlein nicht Thema dieses Buches ist, sollen an dieser Stelle keine detaillierten Aussagen zum heutigen und zukünftigen Markt für Leinsamen gemacht werden.

Leinsamen werden als Lebensmittel vorrangig bei Backwerk, Müsli und in Kombination mit Cerealien verwendet. Als Nahrungsergänzungsmittel werden die geschroteten oder gemahlenen Leinsamen und Leinöl geschätzt. Gerade in den neuen Bundesländern gibt es traditionelle Gerichte mit Leinöl.

Hanfsamen

Herkunft der Hanfsamen: Frankreich bietet Hanfsamen in guter Qualität; geringere Mengen werden in Deutschland und Österreich gewonnen. Osteuropa und China gewinnen in den letzten Jahren als Samenlieferanten an Bedeutung (Kruse 2006a). Entscheidend sind jedoch nicht die Herkunft, sondern die Qualität und der Preis.

Auf nur geringen Anbauflächen wird Hanf mit Zertifizierung kontrolliert biologisch angebaut. Dies liegt vor allem daran, dass die meisten Hanfsamen in Koppelnutzung mit Fasern und Schäben gewonnen werden und eine solche Zertifizierung für diese Rohstoffe keinen Mehrwert bedeutet. Auf der anderen Seite wird auch nicht kontrolliert biologisch angebauter Hanf in der Regel ohne den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln angebaut.

Im Lebensmittelbereich stehen grundsätzlich drei Möglichkeiten der Samennutzung offen:

- ungeschälte oder geschälte Samen,
- aus den Samen gewonnenes Hanföl (für Lebensmittel meist kalt gepresst, für den Einsatz in Kosmetika auch raffiniert) und
- Presskuchen als Koppelprodukt der Ölgewinnung, das als Tierfutter *(siehe Kapitel 5.2.5)*, aufgrund seines hohen Proteingehalts als Sportlernahrung oder auch als Zutat zu einer Reihe von Lebensmitteln genutzt werden kann.

Anmerkung: Ätherisches Hanföl wird nicht aus den Hanfsamen gewonnen, sondern aus den Blüten und Blättern, und in Lebensmitteln eingesetzt, um eine spezielle Geschmacks-note zu erzielen. *Näheres hierzu in Kapitel 5.4.2.*

Abbildung 72: Ausgangsstoffe für Nahrungsmittel aus Hanfsamen

Quelle: hanf & natur 2006

Produkte mit Hanfsamen

Lose Hanfsamen und Produkte mit Hanfsamen stellen die wichtigste Nutzung von Hanf als Lebensmittel dar. In der Regel wird die Hanfnuss geschält und oft auch geröstet, um den Nussgeschmack, wie auch bei anderen Nüssen, stärker hervor zu heben. In einigen Anwendungen werden die Hanfnüsse auch ungeschält und geröstet verwendet. Während geschälte, geröstete Hanfnüsse vom Verbraucher geschmacklich gut angenommen werden, sind ungeschälte Hanfsamen mit ihrer harten und dicken Schale etwas gewöhnungsbedürftig.

Hanfsamen und Hanfsamenprodukte werden im Naturwarenhandel, in Reformhäusern und manchen Bäckereien, in Hanfläden und vermehrt auch im Internet angeboten (zum Teil aus kontrolliert biologischem Anbau). Besonders Backwaren (Hanfbrot), Müsli- und Nuss-Riegel oder auch Knabbereien und Hanfschokolade mit geschälten Hanfsamen („Der neue Nussgeschmack") erfreuen sich zunehmender Beliebtheit und steigender Absatzzahlen (Kruse 2006a). In der Küche verfeinern lose Hanfsamen den Geschmack von Salaten, Müsli oder Süßspeisen; geröstet entfalten sie ihr besonderes Aroma.

Hanföl

Hanföl ist besonders als Salatöl, zur Zubereitung von Marinaden und Dips geeignet. Da der Rauchpunkt von unraffiniertem Hanfspeiseöl bereits bei 165 °C liegt, sollte es weder zum Braten noch zum Frittieren verwendet werden, da so Fettsäuren zerstört und der Geschmack des Öls beeinträchtigt würde. Beim Pressen, Verpacken und Lagern besteht aufgrund des hohen Anteils ungesättigter Fettsäuren die Gefahr der Autooxidation. Um unerwünschte Geschmacksveränderungen zu vermeiden, ist es nötig, das Öl bei geringen Temperaturen und möglichst unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff zu gewinnen, zu verpacken und zu lagern (Karus et al. 1996).

Hanfmehl und Proteinpulver

Eine weitere Wertschöpfung bietet das Mahlen des Presskuchens zu proteinreichem Hanfmehl. In Nordamerika und China wird dieses aufgrund seiner Inhaltstoffe *(vgl. Tabelle 33)* zunehmend als ballaststoffreiches Proteinpulver, z.B. als Bestandteil von Sportlernahrung und -getränken, genutzt (Leson 2006a und 2006b, Shi 2006). In Europa konnte dieser Markt dagegen noch nicht erschlossen werden.

In Europa wird das Mehl hauptsächlich als Backzuschlag oder als Basis für Nudelprodukte („Hanfnudeln“) verwertet, wenn es überhaupt für die menschliche Ernährung genutzt wird. Üblicherweise wird der Presskuchen in Europa als proteinreiches Tierfutter verwendet *(siehe Kapitel 5.2.5).*

Nischenmarkt und Marketingprobleme

Aufgrund des derzeit geringen Wissens über die ernährungsphysiologischen Vorteile und guten geschmacklichen Qualitäten von Hanf-Lebensmitteln in der deutschen Bevölkerung – und auch unter deutschen Ernährungsexperten – ist das Absatzvolumen noch recht gering. Nur wenige, kleine Unternehmen entwickeln, produzieren und vertreiben Hanflebensmittel mit einem sehr begrenzten Marketingetat. Das Haupthindernis für einen stärkeren Absatz ist das Marketing, das auf Kunden stößt, welche in der Regel nicht über die besonderen Eigenschaften von Hanfsamen und Hanföls informiert sind. Die kleinen Firmen müssen daher zunächst eine grundlegende Verbraucherinformation leisten.

Hinzu kommt, dass auch Ernährungsexperten, Fachzeitschriften sowie Lebensmittel-, Öko- und Testzeitschriften Hanflebensmittel weitgehend ignorieren. Zum Teil aus Unkenntnis, zum Teil aber auch, weil die Produk-

te am Markt nur schwer erhältlich sind und sie daher kein Interesse haben, ihre Kunden auf diese Produkte „heiß" zu machen.

Bei mittleren und großen Unternehmen kommt ein weiteres Problem hinzu: Das öffentliche Hanf-Image ist ein Risiko für das Produkt- und Unternehmens-Image und -marketing. Auf der einen Seite stößt Hanf auf öffentliche Aufmerksamkeit, zum anderen ist das Image aber durch die illegale Drogennutzung des THC-reichen Hanfes vorbelastet. Eine Erhebung des nova-Instituts im Jahr 2004 zeigte, dass größere Lebensmittelunternehmen diesen Spagat scheuen. Sie sehen zwar durchaus die positive Seite der öffentlichen Aufmerksamkeit, haben aber gleichzeitig Sorge, die Kontrolle über ihr Marketing zu verlieren.

Um aus diesem Dilemma herauszukommen und Hanfsamen die Stellung am Markt zurückzugeben, die sie historisch besaßen und aufgrund ihrer ernährungsphysiologischen Eigenschaften verdienen, sind noch erhebliche Anstrengungen auf verschiedenen Ebenen notwendig.

Durch die geringe Größe des Umsatzes können Samenproduzenten und Händler kaum ökonomische Skaleneffekte realisieren, ihre Fixkosten beispielsweise nicht auf große Produktmengen verteilen. Weiterhin kritisch sind Qualität und Menge der Hanfsamen. Konventionell angebaute Samen kosten ungefähr 0,60 – 0,65 €/kg, die für Lebensmittel bevorzugten, biologisch angebauten Hanfsamen kosten hingegen in Europa 1,20 – 1,50 €/kg. Eine vergleichbare biologisch angebaute Samenqualität kann man aus China bereits für unter 1,20 €/kg importieren (Kruse 2006a). Der Preisunterschied zwischen Öko- und konventionellem Anbau entsteht durch unterschiedliche Risiken und einen rund 15 % höheren Ertrag im konventionellen Anbau (Misslisch 2006).

Die Händler von Hanflebensmitteln verfolgen unterschiedliche Ansätze – hier sind Internet-Direktvertrieb, Einzelhandel, Direktvermarkter (Hofläden), Hanfläden, Bioläden, Reformhäuser zu finden; Bäckereien, Großbackbetriebe und Schokoladenhersteller sind typische Großkunden. Bei Produzenten und Anbietern herrscht eher eine Situation des Neben- und Gegeneinander als des Miteinander-Wirtschaftens vor. So existiert kein Hanflebensmittelverband in Deutschland oder in der EU. In die Regale von deutschen Supermarktketten gelangen die Hanflebensmittel so eher selten, und wenn, dann über ausländische Distributoren. (Leson 2006a)

Erfolge in den USA, Kanada und Großbritannien

Im Ausland, besonders in Großbritannien, und stärker noch in Kanada und

in den USA, gehören Hanfprodukte heute bereits zum Standardsortiment in Supermärkten.

Der Hanflebensmittelmarkt in Nordamerika hat sich insbesondere durch die Öffentlichkeitswirkung eines lang anhaltenden Rechtsstreits mit der US-Drogenbehörde DEA positiv entwickelt. Der von der Hanfindustrie letztlich gewonnene Rechtsstreit hat durch diese enorme Publicity in den USA zu einer großen Nachfrage für Hanfsamen und -produkte geführt. Da die USA zu den wenigen Ländern dieser Welt gehören, in denen der Anbau von Nutzhanf immer noch grundsätzlich verboten ist, profitieren hiervon in erster Linie die Landwirte und Produzenten von Hanfsamen und -produkten in Kanada.

Gleichzeitig bietet die Einzelhandelstruktur in Nordamerika mit seinen erfolgreichen Ketten von „Bio-Supermärkten" einen effektiven Zugang zum Verbraucher. Schließlich kooperieren Anbauer, Verarbeiter und Vermarkter seit Jahren beim Durchführen von Studien und ihrer Veröffentlichung. Und schließlich zeigen die relevanten Hersteller von Hanflebensmitteln Innovation und die Fähigkeit, sich an die Bedürfnisse des Marktes anzupassen.

Die Hanfprodukte wie geschälte Hanfsamen, Knusperhanf (geröstete Hanfsamen) oder Müsli- und Nussriegel, aber auch Kosmetik- und Pflegeartikel sind ansprechend designed, fügen sich ganz selbstverständlich neben andere (Marken-)Artikel in das Sortiment ein und werden gekauft. Der erwähnte Absatz von Hanfpresskuchen als Proteinpulver (für Sportler) und Basis für so genannte „Shakes" in verschiedenen Geschmacksrichtungen ist hierfür das beste Beispiel.

Als Resultat dieser Bemühungen weist der Absatz von Hanflebensmitteln im USA-Markt seit 2001 Wachstumsraten von ca. 50 % pro Jahr auf. Entsprechend sind die Hanf-Anbauflächen in Kanada von 1.300 ha (2001) auf knapp 20.000 ha (2006) gestiegen – und das ausschließlich für den Samenanbau *(vgl. Grafik 16 in Kapitel 1.3.4)*. Von diesen 20.000 ha können etwa 10.000 t bis maximal 20.000 t Hanfsamen (Rohware) gewonnen werden. Zum Vergleich: In Kanada werden jedes Jahr etwa 1 Mio. t Leinsamen und in der EU rund 120.000 t Haselnüsse produziert (FAOSTAT 2007).

Die in Tabelle 35 aufgeführten Exporte der kanadischen Hanfindustrie beziehen sich nur auf die Exporte von geschälten Hanfsamen und Hanföl. Der größere Teil der Ernte wird in Kanada bis zum Endprodukt veredelt und dann vor allem in die USA exportiert. Diese Mengen werden von der Tabelle nicht erfasst.

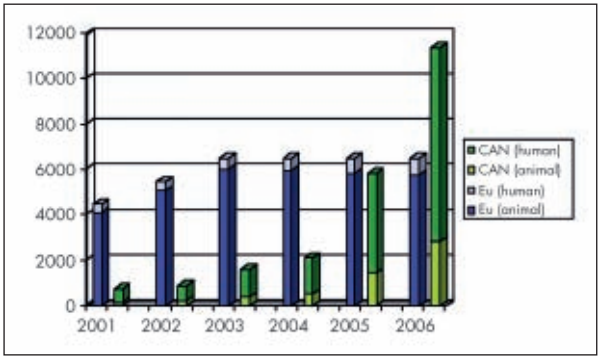
Wichtigster Abnehmer von kanadischen Hanfsamen und -öl sind mit einem Anteil von ca. 90 % die USA, gefolgt von Großbritannien und Irland. Interessant sind die durchschnittlichen Preise: Die exportierten, geschälten Hanfsamen kosteten im Durchschnitt 4,1 €/kg und das Hanföl 7,5 €/kg.

Tabelle 35: Exporte (Menge und Wert) von kanadischen Hanfsamen und Hanföl im Jahr 2006

Menge in t	Hanfsamen (geschält)	Hanföl
USA	**217**	**36**
Großbritannien	20	2,3
Irland	5,3	0
Japan	0,6	0,2
Schweden	0,1	0,1
Costa Rica	0,6	0
Niederländische Antillen	0,1	0
Australien	0	0,3
Gesamt	**244**	**39**
dies entspricht einer Rohware (geschätzt)	976	195
Wert	**Hanfsamen (geschält)**	**Hanföl**
$ Can	1,6 Mio.	460.000
€	1 Mio.	294.000
Durchschnittlicher Preis	**4,1 €/kg**	**7,5 €/kg**

Quelle: Lalonde 2006, linear hochgerechnet aus den Daten bis September 2006

Abbildung 73: Produktion von Hanfsamen (Rohware) in der EU und in Kanada 2001 bis 2006



Quelle: Kruse 2006b

Die Abbildung 73 zeigt die Entwicklung der Hanfsamenproduktion in der EU und Kanada. Auffallend ist das starke Wachstum in Kanada bei gleichzeitiger Stagnation in der EU. Die unterschiedliche Entwicklung ist erheblich von den Absatzmärkten bestimmt. Während die Hanfsamen in Kanada primär in die Lebensmittelindustrie gelangen, werden in der EU Hanfsamen fast ausschließlich als Vogelfutter genutzt *(siehe Kapitel 5.2.5)*.

Heutiges und zukünftiges Marktvolumen in Deutschland und Europa

Zum Umfang des europäischen Marktes für Hanfsamen als Rohstoff für Lebensmittel, Knabberartikel und Süßwaren, Kosmetika und technische Öle bestehen keine umfassenden, aktuellen Statistiken *(vgl. auch die erzeugten Samenmengen in Kap.1.3.4)*.

Bisher werden Hanflebensmittel aus deutscher und europäischer Produktion nur von kleinen Nischenanbietern produziert und vor allem über Hofläden und Internet vertrieben. Entsprechend ist der Markt für Hanf als Nahrungsmittel in Europa noch sehr bescheiden; Schätzungen nach werden gerade einmal knapp 400 t Samen für die menschliche Ernährung (inkl. Öl!) verwendet. Zum Vergleich: Als Tierfutter werden 10.000 bis 12.000 t Hanfsamen, davon 6.000 t aus europäischer Produktion, eingesetzt (EIHA 2006a) *(siehe Kapitel 5.2.5)*. Dem gegenüber werden in der EU im Jahr 2005 121.800 t Haselnüsse und 203.600 t Leinsamen produziert (FAOSTAT 2007). Noch ist der Hanfsamen eine unbedeutende Nuss am europäischen Markt.

Die Erfolge in Nordamerika sind in Europa bislang wenig bekannt, sollten aber in den nächsten Jahren auch das Interesse der deutschen Lebensmittel- und Pflegeindustrie wecken können, damit Hanfprodukte auch in Deutschland den Weg in den Supermarkt finden – vielleicht sogar in die Bioecke.

Immerhin: Ein allmählich wachsendes Kundeninteresse spüren die deutschen Produzenten und Händler von Hanfsamen und Hanfprodukten bereits. Sie bewerten sowohl die Entwicklung der Jahre 2002 bis 2006 als auch die Aussichten für die nächsten Jahre als positiv und erwarten kontinuierliche, wenn auch nur moderate Umsatzsteigerungen (Kruse 2006a, Misslisch 2006, Buck 2006).

5.2.4 Kosmetika und Hautpflegemittel

Die Öle von Leinsamen und Hanfsamen werden seit langer Zeit in Kosme-

tika und Pflegemitteln verwendet. Dabei sind Eigengeruch und Eigengeschmack der Öle jedoch unerwünscht, wichtig ist dagegen die Haltbarkeit. Daher werden in diesem Bereich selten kaltgepresste und unraffinierte Öle eingesetzt, sondern chemisch extrahierte, raffinierte Öle.

Wichtigste Funktion der Öle ist die Fettversorgung der Haut durch die physikalischen und biochemischen Wirkungen ihrer Fettsäuren.

> „Mehrere Studien fanden, dass die krankhaften Hautveränderungen, die bei ernährungsbedingtem Mangel an essenziellen Fettsäuren entstehen, durch äußerliche Aufbringung derselben rückgängig gemacht werden können. Auch kosmetische Hautprobleme, wie trockene, schuppige oder rissige Haut sprechen auf eine äußerliche Behandlung mit essenziellen Fettsäuren an. Vor allem Ceramid I, die wichtigste Komponente der Ceramid-Substanzklasse, wird in die Haut eingebaut." (Wertz et al. 1987, Conti et al. 1996)

Die Haut ist ständig Faktoren ausgesetzt, die ein Austrocknen begünstigen. Dies sind vor allem Heizungsluft, Sonne und entfettende Reinigungsmittel. Der Zellstoffwechsel kann aber auch altersbedingt oder durch Diabetes gestört werden. Trockene Haut ist gekennzeichnet durch eine „Entfettung" und eine meist deutliche Veränderung der Lipidzusammensetzung in der Hornhaut. Die Haut wird buchstäblich dünner und verursacht dadurch einen erhöhten Wasserverlust, sie kann ihre Schutzfunktion nicht mehr in vollem Umfang erfüllen.

Leinöl

Leinöl wurde traditionell zur Herstellung von Schmierseife verwendet, aber auch als Träger für Kosmetikprodukte. Moderne Entwicklungen sind beispielsweise Leinöl-Nanopartikel mit Alpha-Linolensäure, die zur Pflege erythematöser Haut eingesetzt werden können. Das empfindliche Leinöl ist dabei in Nanopartikeln verkapselt und stabilisiert. Leinöl bietet eine ideale Pflege bei geröteter und sonnengeschädigter Haut.

Hanföl

Hanföl ist hervorragend für die Verwendung in hochwertigen Kosmetikprodukten geeignet. Die in hohem Maße (75 bis 80 %) in Hanföl enthaltenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren haben sehr gute Haut pflegende Eigenschaften: Sie verhindern übermäßigen Feuchtigkeitsverlust, Austrocknen und Aufspringen der Haut und können zu einer teilweisen Wiederherstellung der Hautlipide beitragen. Besser noch als die äußere Anwendung ist allerdings die alleinige oder ergänzende Einnahme als Nahrungs(ergänzungs)mittel *(vgl. Kap. 5.2.2.2)*.

Ein wichtiges Einsatzgebiet ist die Behandlung von Hautkrankheiten. Durch äußere Anwendung mit Salben oder innere Anwendung (durch Hanföl) können Mangelzustände an essenziellen Fettsäuren ausgeglichen werden. Hanföl enthält die beiden essenziellen Fettsäuren Linolsäure und Alpha-Linolensäure in einem Verhältnis von 3:1. Dieses Verhältnis entspricht annähernd dem Fettsäuremuster der menschlichen Haut (4:1). Die in der Kosmetik weit verbreiteten Öle aus Nachtkerze und Borretsch weisen dagegen ein ungünstiges Verhältnis von wenigstens 30:1 auf. Die Vorteile von Hanföl in Kosmetika basieren auf den physikalischen und biochemischen Wirkungen seiner Fettsäuren. Die heilsamen Eigenschaften von innerlich angewandtem Hanföl bei der Behandlung von atopischer Dermatitis (Neurodermitis) sind inzwischen in einer ersten klinischen Studie bestätigt worden (Callaway et al. 2005).

Dennoch finden bislang nur in wenigen Kosmetik- und Pflegeprodukten Hanföle Verwendung. Dies liegt vor allem daran, dass Hanföl keinen „Namen" in der Kosmetikbranche hat. Ausnahme ist die international agierende Body-Shop-Kette, die seit Jahren eine Hanf-öl-Pflegeserie aus verschiedenen Hautcremes für Gesicht, Hände und Füße erfolgreich am Markt hat (www.thebodyshop.de).

5.2.5 Tierfutter

Die Nutzung der Lein- und Hanfsamen (und deren Öle) als Tierfutter ist seit Jahrhunderten gängige Praxis. Beide Samen sind natürliche Quellen für hochwertige Fettsäuren – auch bei Tieren. Das Zufüttern von Lein- und Hanfsamen ist daher hilfreich für die Gesundheit von Haut, Fell, Herz und Kreislaufsystem, sowie Immun- und Nervensystem.

Leinsamen

Leinsamen hat besonders in der Nahrungsergänzung für Pferde eine große Bedeutung. Der Samen verbessert das Allgemeinbefinden der Tiere und sorgt für eine richtig durchfettete Haut; diese schützt so noch besser vor Witterungseinflüssen. Die Schleimstoffe, Ballaststoffe, die ungesättigten Fettsäuren und der hohe Fettgehalt bewirken zudem eine Verbesserung der Darmtätigkeit; sie halten den Darminhalt geschmeidig und helfen, schädliche Verdauungsrückstände zu beseitigen. Leinsamen ist häufig Bestandteil von Trockenfutter für Pferde und für Hunde, kann aber auch

getrennt zugefüttert werden. Im Futtermittelhandel ist Leinsamen fester Bestandteil im Sortiment und wird auch in der erwerbsmäßigen Viehzucht eingesetzt. Bedingt durch das Dipeptid Linatin kann es aber speziell in der Hühnermast zu geringeren Wachstumsleistungen kommen; Leinsamen ist hier somit weniger geeignet (CliniTox 2006).

Die Universität Zürich, Institut für Veterinärpharmakologie und –toxikologie, warnt außerdem vor der Gefahr einer Blausäurevergiftung durch Nassverfütterung großer Mengen von Leinsamen und Ölkuchen sowie Extraktionsschrot. Die trockene Verabreichung sei hingegen ungefährlich. Zur Begründung: Blausäure hemmt die Cytochrom-Oxidase (Blockierung der Atmungskette), die Folgen sind Gewebsanoxie und Krämpfe. Der Tod tritt durch Atemlähmung ein. Wer in jeder Hinsicht sicher gehen will, sollte das Futter ca. 10 Minuten abkochen (CliniTox 2006) *(siehe auch Kapitel 5.2.2.1)*. Problemlos ist hingegen die Zufütterung von Leinkuchen bzw. Leinextraktionsschrot, die für Verdauung, Haut und Haar ähnlich günstig wirken.

Leinkuchen ist problemlos über mindestens ein halbes Jahr lagerfähig. Besonders anfällig in dieser Hinsicht ist gemahlener oder zerkleinerter Leinsamen: Die wertvollen ungesättigten Fettsäuren reagieren mit Sauerstoff und das enthaltene Vitamin E wird abgebaut. Außerdem besteht die Gefahr des Ranzigwerdens.

Hanfsamen

Hanfsamen sind ebenfalls im Tierfutter-Bereich seit Jahrhunderten eingeführt. Die Samen sind insbesondere als Vogelfutter auf dem Markt erhältlich, weil hier der hohe Anteil an ungesättigten Fettsäuren und die Aminosäurenzusammensetzung, vor allem der Gehalt an Methionin, einer schwefelhaltigen Aminosäure, besonders wichtig ist. Sie wird zur Eiweißbildung im Ei gebraucht und ist außerdem für die Bildung der Federn von großer Bedeutung. Geflügel, das eine Futterration mit Hanfsamen erhält, kommt so schneller durch die Mauser.

Als Vogelfutter sind Hanfsamen ähnlich hochwertig wie Sonnenblume, Raps und Soja. In der Geflügelfütterung können Hanfsamen aufgrund der hohen Energie und des Gehaltes an schwefelreichen Aminosäuren gut eingesetzt werden. Das beim Hanf ermittelte Fettsäurenmuster mit einem Anteil von 75 bis 80 % an mehrfach ungesättigten Fettsäuren *(siehe Tabelle 31 in Kapitel 5.2.1)* stellt eine hervorragende Quelle für die Versorgung an Linol- und Alpha-Linolensäure dar, jedoch ist der Einsatz in Abhängigkeit

von Körperfettveränderungen limitiert. Hier müssten bedarfsgerechte Rationen für Küken, Legehennen und Mastgeflügel ermittelt werden. (Slansky 1997)

Studien zeigen, dass das Fettsäurespektrum des Hühnerfutters unmittelbaren Einfluss auf das Fettsäurespektrum im Hühnerei hat. Teilweise werden im Handel bereits Omega-3-reiche Eier als besonders gesunde Eier angeboten. Hanfsamen als Bestandteil des Futters können gut als Omega-3-Lieferanten genutzt werden.

Lein- und Hanfsamen finden eine sehr breite Verwendung in der Vogelzucht. Für Papageien, Kanarienvögel und andere Ziervögel sind diese Samen ein wichtiger Bestandteil der Nahrung. Insbesondere die Finken (Familie Fringillidae) fressen gerne die Hanf-, aber auch die Leinsamen. Seiner Vorliebe zu Hanfsamen verdankt der Hänfling sogar seinen Namen. Der lateinische Name für diese Art ist Carduelis cannabina, was auch auf den Hanf zurückzuführen ist. Interessanterweise wird dieser Vogel im Englischen Linnet genannt, was vom Lein stammt, dessen Samen er auch sehr gerne in seine Nahrung aufnimmt.

Vogelfutter ist derzeit der größte Markt für europäische Hanfsamen. Ein kleinerer Teil wird zudem im Angelbereich als Fischköder genutzt (Bourguignon 2004) – auch spielt vor allem das Fettsäurespektrum eine Rolle.

> „Der Hauptabsatzmarkt für Hanfsamen, die auch als Köder für Fische benutzt werden, ist die Vogelzucht." (Ernst & Young 2005)

Futteröl

Hanf-Futteröl ist eine wertvolle Nahrungsergänzung für Vögel, Pferde und Kleintiere. Seine wertvollen Inhaltsstoffe sorgen für ein glänzendes und gesundes Federkleid, beziehungsweise Fell, und sie stärken den Organismus des Tieres. Besonders für stark geforderte Pferde ist es ein wertvolles Kraftfutter-Ergänzungsmittel und trägt auf Grund seines hohen Anteils an ungesättigten Fettsäuren wesentlich zur Verbesserung der Ausdauerkondition bei.

Empfohlen wird die ergänzende Gabe von Hanf-Futteröl bei Kleintieren und Vögeln vor allem in Stress-Situationen (Paarung, Mauser, Reisezeit etc.). Auch die Züchter von Kois, den kostbaren japanischen Zierkarpfen, empfehlen die Gabe von Hanföl zur Nahrungsergänzung; fast alle Anbieter von Spezialfutter und Zuchtartikeln haben Hanfölpräparate im Angebot.

Hanföl ist als Futteröl nur bedingt für die Fütterung von Mastschweinen einsetzbar. Der Einfluss des hohen Anteils mehrfach ungesättigter Fettsäuren (75 bis 80 %), insbesondere an Linolensäure, lässt nur noch geringe Rationsanteile unter 1 % der Futterration für Mast-schweine zu. (Slansky 1997)

Potenziell besteht für Hanf die Möglichkeit in der Sauenfütterung. Dies begründet sich beispielsweise in der Möglichkeit, mit Hanfsamen oder Presskuchen rohfaserhaltige Substanz zu füttern, die einen ausreichenden Anteil an Fett und Eiweiß enthalten. (Slansky 1997)

Presskuchen und Extraktionsschrot

Bei der Ölgewinnung fällt als Restprodukt der so genannte Presskuchen an. Dieser besteht aus 5 – 7 % verdaulichem Fett und aus 25 – 30 % verdaulichem Eiweiß. Der Presskuchen wird vor allem als Viehfutter für Milchvieh, Pferde und Schweine vermarktet, oder als Düngemittel ausgebracht. Die Verwendung des Hanf-Presskuchens erfolgt somit gleichsam dem Rapspresskuchen.

Der Verwendung von Hanf in der Wiederkäuerfütterung beschränkt sich auf den Einsatz des Extraktionsschrotes und Presskuchens. Eine interessantere Möglichkeit ist die Ergänzung des Winterfutters durch den Presskuchen oder das Extraktionschrot bei Mast- und Milchtieren. (Slansky 1997)

Der Hanfpresskuchen wurde inzwischen in die sog. Positivliste[2] für Futtermittel aufgenommen. Dies ist insofern wichtig, weil alle ISO-Zertifizierungen der Landwirte sich darauf stützen, dass die Landwirte offiziell nur das verfüttern dürfen, was auf dieser Positivliste steht. (Misslisch 2007)

Wörtlich heißt es:

„.. wir dürfen Ihnen mitteilen, dass Hanfkuchen unter der Position 2.20.02 in die Positivliste für Einzelfuttermittel (Futtermittel-Ausgangserzeugnisse) eingestuft wurde (s. Anlage I).“ (Melisch 2006)

Der Anlage entnimmt man dann weitere Details. In der „Beschreibung“ steht: „Nebenerzeugnis, das bei der Ölgewinnung durch Pressen der Samen von Hanf (Cannabis sativa L.) anfällt“, unter „Anforderungen (in v.H.)“

2 *Die Normenkommission Einzelfuttermittel beim Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) berät und entscheidet darüber, was offiziell verfüttert werden darf und setzt diese Futtermittel auf die sog. Positivliste.*

geht es weiter mit: „Tetrahydrocannabiol max. 0,2“ sowie unter „Bemerkungen“: „Nur Samen aus dem Anbau in Ländern der Europäischen Union mit Saatgut, das in der Sortenliste der Verordnung (EG) Nr. 2316/1999 aufgeführt ist“ *(vgl. Kapitel 6.1.2)*. (Melisch 2006)

Hanfblätter und -stroh als Tierfutter

In Deutschland ist die Verfütterung von Hanfblättern und -stroh sowie auch deren Verwendung als Einstreu erlaubt. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass diese aus dem Anbau von erlaubten THC-armen Sorten stammen muss, wie es die EU-Regelungen vorsehen. Weiterhin müssen die allgemeinen futtermittelrechtlichen Anforderungen erfüllt werden. (Krüger 2007)

Entsprechend werden in den Hanfanbaugebieten vor allem die Blätter an Kühe und Schweine verfüttert.

Hanfblätter sind dagegen in der Schweiz als Futtermittel – insbesondere für Kühe – verboten:

> „Obwohl Hanf als Futtermittel für Kühe seit zwei Jahren verboten ist, erscheinen in landwirtschaftlichen Zeitungen immer wieder Inserate, die die Hanfverfütterung empfehlen.
> Der Bund kann den Inserenten rechtlich nichts anhaben. Die Inserate seien so formuliert, dass es schwierig sei, gegen deren Urheber vorzugehen, sagte Jürg Jordi vom Bundesamt für Landwirtschaft (Bern) zu einem Communiqué vom 19. Februar. Sie zielten aber darauf ab, Bauern Futterhanf zu verkaufen oder sie als Futterhanf-Produzenten zu gewinnen.
> Die Inserate verunsicherten die Landwirte. Deshalb wolle der Bund noch einmal klar stellen, dass die Verfütterung von Hanf an Nutztiere seit dem 1. März 2005 verboten sei. Auch der Einstreu in den Stall ist nicht mehr erlaubt. Landwirte, die Hanf verfüttern, müssen mit einer Strafe rechnen.
> Grund für die Bestimmung ist laut dem BLW, dass die rauschbildende Substanz im Hanf, das THC, bei der Verfütterung an Milchkühe vom Futter in die Milch übergeht. Insbesondere Kleinkinder sollten solche Milch nicht trinken.“ (SBV 2007)

Diese strenge Regelung in der Schweiz könnte damit zusammenhängen, dass in der Schweiz vor allem THC-reicher Hanf angebaut wird, was dort unter bestimmten Bedingungen legal möglich ist bzw. war.

Marktvolumen von Hanfsamen am europäischen Tierfuttermarkt

Während Daten für die Mengen an Leinsamen in der Tierfütterung nur schwer zugänglich sind, liegen relativ genaue Angaben zu Hanfsamen vor. So werden Expertenschätzungen nach etwa 10.000 bis 12.000 t Hanfsamen in der EU in der Tierfütterung eingesetzt, davon der überwiegende Teil als

Vogelfutter. Die Nachfrage ist über die letzten Jahre weitgehend konstant. (Frank 2006)

Etwa die Hälfte dieser Menge wird aus China importiert, die andere Hälfte stammt aus EU-Produktion und hier vor allem aus Frankreich sowie geringere Mengen aus Deutschland (Frank 2006). Die Marktanteile hängen von den jeweiligen Preisen und Verfügbarkeiten ab und diese werden wiederum vor allem vom Wechselkurs zwischen Euro und US-Dollar bestimmt. Im Jahr 2005 setzten die europäischen Hanfproduzenten etwa 6.000 t Hanfsamen als Tierfutter ab. *(vgl. Kapitel 1.3.4)*

Solange Hanfsamen teurer sind als vergleichbare andere Samen bzw. Nüsse *(siehe Kapitel 5.2.3)* kann auch zukünftig keine relevante Marktausweitung erwartet werden. Sollten Hanfsamen durch größere Anbauflächen und Produktionsmengen preislich attraktiver werden, so wären erheblich höhere Absatzmengen möglich.

5.2.6 Technische Anwendungen

Die Eignung von pflanzlichen Ölen für spezifische, technische Anwendungen hängt von deren chemischen Zusammensetzung ab. Art und Anteil der ungesättigten Fettsäuren bestimmen beispielsweise Trocknungseigenschaften, Viskosität und Schmelzpunkt. Begleitstoffe können darüber hinaus die Haltbarkeit der oxidationsempfindlichen Substanzen beeinflussen. Pflanzliche Öle zeichnen sich durch leichte biologische Abbaubarkeit und sortenspezifische Eigenschaften aus.

Leinöl

Das Leinöl ist sehr vielseitig einsetzbar und hat in vielen Anwendungen die Konkurrenz durch synthetische Rohmaterialien überlebt. Aufgrund des sehr hohen Anteils an der dreifach ungesättigten Alpha-Linolensäure (ALA) und seines guten Trocknungsverhaltens ist es ist sehr gut für Farben und Firnisse geeignet, als Rohstoff für Alkydharze, für Kitte, Schmierseife und natürlich für das nach ihm bezeichnete Linoleum. Linoleum ist ein natürlicher Bodenbelag und besteht hauptsächlich aus oxidativ polymerisiertem Leinöl, Harzen, Kork- und Holzmehl, Titanoxid, Farbstoffen und Jutegewebe. Linoleum ist antistatisch und wirkt gegen diverse Mikroorganismen leicht fungizid und bakteriostatisch. Ursache dieser Wirkung ist die permanente Emission von geringen Mengen verschiedener Aldehyde,

die aus der praktisch nie endenden Leinöl-Autoxidation an der Luft stammen oder Reste der Oxidationsreaktion im Herstellprozess („Reifeprozess“) sind. Sie bestimmen den typischen Linoleumgeruch. (Wikipedia 2006b)

In der Vergangenheit diente Leinöl vor allem als Korrosionsschutzmittel für Metalle und als Konservierungsmittel für Holz:

> „Das Öl bildet eine wasserunlösliche Verbindung mit Fe^{3+}-Ionen im Rost. Zusätzlich bildet das Öl nach dem Abbinden einen rissfreien Überzug. Durch den Zusatz von Blei-oxid (Pb_3O_4) entsteht Bleimennige, ein klassisches Korrosionsschutzmittel, das selbst von modernen Rostschutzprodukten nicht übertroffen wird. (…) Leinöl dringt ins Holz ein und polymerisiert im Innern des Holzes zu einer unlöslichen Verbindung. Dazu sättigt man das Holz durch nass-in-nass-Auftrag und lässt das Öl aushärten. Besonders tief dringt reines, kalt gepresstes, rohes (also nicht gekochtes) Leinöl ein. Gekochtes Leinöl eignet sich am besten für den Schlussanstrich und zur Farbenherstellung, da es schneller trocknet und stärker glänzt. Um den Trockenvorgang (d.h. die Polymerisation) zu beschleunigen, wird Leinöl unter Luftabschluss verkocht. Dadurch entsteht eine anpolymerisierte Form des Öls, das sog. Hartöl. Werden diesem zusätzlich Trocknungsstoffe beigesetzt, erhält man Leinölfirnis.“ (Wikipedia 2006c)

Heute dient Leinöl hauptsächlich als Basis für Druckfarben im Offsetdruck in Kombination mit mineralischen Ölen sowie für Lacke- und Firnisse im Holzschutz und ökologischen Bauen. So gibt es in Deutschland für die Produktion ökologischer Farben und Lacke eine geschlossene Wertschöpfungskette vom ökologischen Anbau von Öllein bis zum Endprodukt (www.livos.de).

Aber auch im modernen High-Tech-Holzschutz kommt Leinöl zum Einsatz. So bietet z.B. die Firma Remmers Bauchemie aus Löningen die neue Leinöl-Farbe „HS“ an, die speziell auf die Anforderungen der historischen Fachwerk-Instandsetzung abgestimmt ist. Insbesondere eignet sie sich laut Hersteller zur Beschichtung nicht maßhaltiger Holzbauteile wie Fachwerk, Holzschindeln und -verkleidungen, aber auch für Dachuntersichten, Zäune und Verschalungen.

Das Alkydharz-verstärkte Leinölprodukt zeichnet sich durch eine hohe Füllkraft und zuverlässiges Deckverhalten aus. Die Farbe ist wetterbeständig, dauerelastisch, feuchtigkeitsregulierend und lässt sich leicht verarbeiten. Intakte Altanstriche können einfach überarbeitet werden. Die Leinöl-Farbe wird in einer Vielzahl von Farbtönen angeboten, die sich an den unterschiedlichen historischen Vorlieben in Deutschland orientieren. (HZ 2007)

Abgesehen vom Einsatz im ökologischen Bauen stammen die Leinsamen zur Produktion des Leinöls aus Kanada, dem mit Abstand wichtig-

sten Anbauland für Öllein weltweit *(siehe Kapitel 5.2.3)*. Dort wird aus den Samen auch das Leinöl produziert und für die verschiedenen technischen Anwendungen konditioniert.

Hanföl

Auch Hanföl kann technisch genutzt werden, aufgrund der reichhaltigen Inhaltsstoffe ist aber eine Nutzung im Nahrungsmittel- oder Pharmaziebereich vorzuziehen. Preislich kann es derzeit nicht mit Leinöl konkurrieren, das zudem eine sehr viel höhere Konzentration der für das Trocknungsverhalten wichtigen Alpha-Linolensäure (ALA) bietet. In anderen technischen Anwendungen ist ein hoher ALA-Gehalt und die damit verbundene Instabilität oft nicht erwünscht.

Heute ist Hanföl nur noch als Pflegeöl für Holz- und Lederprodukte sowie für Pferdehufe am Markt erhältlich, früher wurde es in erheblich stärkerem Maße technisch genutzt *(siehe auch Kapitel 1.1.2)*.

Weitere Verwendungen in der Oleochemie wären grundsätzlich möglich, wenn die Preise dies zuließen: Als Ausgangsstoffe für Waschmittel, Emulgatoren, Antischaummittel, Weichmacher, Stabilisatoren und Gleitmittel ist Hanföl gut geeignet, da die wichtigsten Fettsäuren dieses Öls zu den gebräuchlichsten Rohstoffen der Oleochemie gehören.

Seit 1997 wird von einem Berliner Unternehmen ein Ökowaschmittel auf Basis von Hanf-und Sonnenblumenöl sowie Hefe produziert, das zunächst unter dem Namen SATIVA® auf den Markt kam und aktuell unter dem Namen FALITEN® angeboten wird. In einer Kurzbeurteilung schrieb das nova-Institut im Jahr 1998 an seinen damaligen Auftraggeber (unpubliziert):

> „1) Die vorgelegten, verschiedenen Gutachten über die biologische Abbaubarkeit bzw. Fisch- und Algentoxizität von Faliten zeigen Ergebnisse, die selbst im Vergleich zu bisherigen Öko-Tensiden (positiv) aus dem Rahmen fallen (um Größenordnungen!).
>
> … Faliten verfügt über konkurrenzlose und einzigartige ökotoxikologische Daten. Hieraus ergeben sich große Chancen für gewerbliche Spezialreiniger insb. in abwasser-/rückstandssensiblen Bereichen (auch: Schwimmbäder, Lebensmittelbehälter). Die Vorteile bei der Abwasserbehandlung bringen in einer Gesamtbilanzierung auch ökonomische Vorteile … . (zu klären wäre hier auch das Verhalten im Ölabscheider).
>
> 2) Die Ergebnisse beweisen, dass es sich um ein strukturell neues Tensid handelt, das … als „Polymer-Tensid" bezeichnet wird. Dies passt auch zu Untersuchungsergebnissen „normaler" Tensidlabors, die in den Faliten-Proben gar keine Tenside fanden.

3) Die rasche biologische Abbaubarkeit führt natürlich zu Problemen bei der Haltbarkeit des Tensids (Verkeimung), denen durch einen hohen pH-Wert (10,2) begegnet wird. Diese Vorgehen ist im Industriereinigerbereich unproblematisch. Bei anderen Anwendungen (Shampoo) müssen andere Wege gefunden werden.

4) Die vorgelegten Versuchsergebnisse zur Reinigungskraft sehen sehr gut aus, bedürfen aber sicherlich noch eingehender Überprüfungen. Ein Teil der guten Reinigungswirkung ist auf den hohen pH-Wert zurückzuführen.

Die Reinigungskraft von SATIVA war nach eigenen Untersuchungen gut, aber nicht umwerfend. Für bestimmte Anwendungen (z.B. Waschmittel) ist die Zugabe von Enzymen und Bleichmitteln zu überlegen, um am Markt eingeführten Produkten in der gesamten Reinigungswirkung Paroli bieten zu können."

Trotz dieser zum Teil hoch interessanten Eigenschaften hat das Produkt bis heute erhebliche Marketingprobleme und sein Absatz ist auf kleine Nischen beschränkt; nur wenige (potenzielle) Kunden wissen überhaupt, dass es dieses Produkt gibt.

Als Lampenöl wurde Hanföl insbesondere im Orient bis in die Neuzeit verwendet. Es brennt besonders hell. (Wikipedia 2006d)

5.2.7 Hanföl als Pflanzenöl-Kraftstoff

5.2.7.1 Einleitung

Seit der Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf und ihrer hochwertigen Rohstoffe Fasern, Schäben und Samen/Öl wurde oft darüber diskutiert, ob Hanföl auch als Kraftstoff Verwendung finden könnte.

Aktuell werden die Hanfsamen und das daraus gewonnene Hanföl mit seinem ungewöhnlich hohen Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (75 – 80 %) vor allem im Lebensmittel- und Hautpflegebereich sowie als Tierfutter (Vögel und Fische) eingesetzt *(siehe Kapitel 5.2.2 bis 5.2.5)*. Das in vergleichsweise geringen Mengen produzierte Hanföl hat es auch aus Kostengründen schwer, in anderen Bereichen Fuß zu fassen (Lebensmittelqualität ca. 7 €/l).

Dennoch macht die Fragestellung, ob Hanföl sich als Kraftstoff für pflanzenöltaugliche Motoren eignet, aus den folgenden Gründen Sinn:

- Die Qualitätsanforderungen an Öle für die Bereiche Lebensmittel und Hautpflegeprodukte sind sehr hoch und können nicht von allen Chargen erfüllt werden. Für minderwertige Chargen könnte eine Verwendung als Kraftstoff daher durchaus interessant sein.

- Es bestehen aktuell Überlegungen, Hanf auf großen Flächen von z.B. 15.000 ha für die Spanplattenindustrie anzubauen. Würde man hier in Koppelnutzung auch Samen gewinnen, so wären die anfallenden Mengen nur schwer in den bisherigen Marktsegmenten zu vermarkten und alternative Nutzungen erwünscht.

- Das vorherrschende Rapsöl weist bei Kälte ein ungünstiges Verhalten auf, was durch Beimischungen von Hanföl verbessert werden könnte.

In Deutschland ist die Nutzung von Pflanzenölen als Kraftstoff besonders weit fortgeschritten (2006:1,5 Mio. t in mobilen Anwendungen und Blockheizkraftwerken (Carus 2007b)). Motiviert wurde diese Entwicklung dadurch, dass die Nutzung von Pflanzenölen als Kraftstoff einen Beitrag zum Klima-, Boden- und Gewässerschutz leisten kann. Ebenso kann durch die Veredelung und den Verkauf der veredelten Produkte eine Erhöhung der Wertschöpfung in der Landwirtschaft und den Regionen erfolgen.

Die Forschung und Entwicklung hat sich in Deutschland dabei ganz bewusst auf das wichtigste einheimische Pflanzenöl, das Rapsöl, konzentriert. Hier konnten in den letzten Jahren viele positive Erfahrungen, vor allem in Süddeutschland, gewonnen werden. Inzwischen wurde eine DIN-Vornorm (V 51605) für Pflanzenöl-Kraftstoffe auf Rapsbasis erarbeitet und verabschiedet. Unternehmen, die Dieselmotoren auf den Betrieb von Rapsöl umrüsten, orientieren sich an dieser Norm.

Für den Betrieb von Blockheizkraftwerken (BHKW's) liegen zusätzlich umfassende Erfahrungen mit Palmöl aus asiatischer Produktion vor.

Für andere Pflanzenöle, wie z.B. auch Hanföl, liegen dagegen erst recht wenige Erfahrungen vor. Sie müssen sich in Ihrer Eignung daher zwangsläufig an Rapsöl orientieren und ihre Eignung in Bezug auf Motoren beweisen, die für den Betrieb von Rapsöl nach der DIN-Vornorm (V 51605) umgerüstet wurden. Hierbei werden sicherlich nicht alle Potenziale ausgeschöpft, es ist aber höchst unrealistisch, dass Hersteller in absehbarer Zeit Motoren speziell für z.B. Hanföl entwickeln werden.

Zudem ist Hanföl aufgrund seines hohen ernährungsphysiologischen Wertes infolge seines Fettsäurespektrums viel zu schade zum Verbrennen, anfällig für Oxidation und damit sicherlich nicht der Wunschkraftstoff von Motorentwicklern. Umso wichtiger seine Eignung als Kraftstoff unter technischen und ökonomischen Gesichtspunkten näher zu analysieren.

In den folgenden zwei Kapiteln findet man zunächst eine Zusammenfassung einer technischen Studie und dann jene einer ökonomischen Analyse. Erstere wurde vom Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing (Bayern) durchgeführt, einer anerkannten und seit vielen Jahren in diesem Bereich tätigen Institution, die auch an der Entwicklung der DIN-Vornorm (V 51605) maßgeblich beteiligt war. Die ökonomische Analyse stammt von der nova-Institut GmbH in Hürth (NRW).

5.2.7.2 Technische Eignung von Hanföl als Kraftstoff für pflanzenöltaugliche Motoren

In der technischen Studie (Emberger et al. 2007), auf der diese Zusammenfassung basiert, wurden drei verschiedenen Hanfölproben unterschiedlicher Herstellungsweisen und Aufbereitungsformen (kalt gepresst, heiß gepresst, raffiniert) hinsichtlich ihrer kraftstoffrelevanten Eigenschaften untersucht und auf die Einhaltung der Anforderungen gemäß der DIN-Vornorm für Rapsöl-Kraftstoff überprüft. Die untersuchten Hanfölproben konnten die Grenzwerte für Rapsöl-Kraftstoffe in Bezug auf Dichte, kinematische Viskosität, Cetanzahl, Heizwert, Schwefelgehalt und Wassergehalt einhalten. Es wurden kleine Abweichungen der Kenngrößen zu Rapsöl-Kraftstoff festgestellt, die aber dem Einsatz von Hanföl als Kraftstoff grundsätzlich nicht hinderlich sind.

Aus der unterschiedlichen Fettsäurezusammensetzung des Hanföls resultiert ein besseres Kälteverhalten und damit eine bessere Fließfähigkeit gegenüber dem Rapsöl (20 % geringere kinematische Viskosität bei 40 °C).

Problematisch zeigten sich die Parameter Koksrückstand, Jodzahl und Oxidationsstabilität. Hier konnten die Anforderung der Rapsöl-Kraftstoffnorm mit allen Hanfölproben nicht erreicht werden.

Ein Vergleich der untersuchten Hanfölproben untereinander zeigt zum Teil deutliche Unterschiede bei den einzelnen Kraftstoffeigenschaften. Die

Probe „Hanföl raffiniert“ konnte 12, die Probe „Hanföl kalt gepresst“ 8 und die Probe „Hanföl heiß gepresst“ nur 6 von 15 Kennwerten gemäß DIN V 51605 einhalten. Die Probe „Hanföl raffiniert“ weist also vergleichsweise die besten Eigenschaften auf.

Die Verkokungsneigung aufgrund der höheren Koksrückstände kann zu höherem Wartungsaufwand und Problemen beim Motorbetrieb führen. Die geringe Oxidationsstabilität führt zu einer schnelleren Alterung des Pflanzenöls und kann damit zu einem nicht optimalen Verbrennungsverhalten führen. Im Vergleich zu Rapsöl ist Hanföl also weniger thermisch stabil und sehr anfällig gegenüber Oxidationsprozessen. Insbesondere durch Erwärmung des Öls in Lagertanks oder im Kraftstoffsystem kann es bereits nach kurzer Zeit zu technischen Problemen (Verharzungen im Kraftstoff- und Einspritzsystem, Ablagerungen im Bereich des Brennraums und schnellere Erschöpfung des Motorenöls) oder Veränderungen im Emissionsverhalten kommen. Somit sind dunkle und kühle Lagerbedingungen für Hanföl besonders wichtig.

Den nachteiligen Eigenschaften in Bezug auf Koksrückstand und Oxidationsstabilitäten könnte mit der Verwendung von Additiven begegnet werden. Hier bleibt aber zu berücksichtigen, dass dadurch zusätzliche Kosten entstehen und dass hierzu kaum Erfahrungen vorliegen.

Fazit

Insgesamt kann festgestellt werden, dass Hanföl als Kraftstoff aus technischer Sicht aufgrund der genannten nachteiligen Parameter in den derzeit verfügbaren pflanzenöltauglichen Motoren nur mit dem Risiko von Betriebsstörungen und einem veränderten Emissionsverhalten eingesetzt werden kann. Am ehesten ist dabei der Einsatz von raffiniertem Hanföl möglich.

Allerdings muss erwähnt werden, dass es bisher noch kaum Erfahrungen mit Hanföl als Kraftstoff gibt. Die Motoren sind bislang nur auf den Einsatz von Raps- und Palmöl optimiert. Würde eine Anpassung auf den Einsatz von Hanföls als Kraftstoff erfolgen, müssten die etwas höhere Dichte, geringere Viskosität und ein geringfügig niedrigerer Heizwert im Vergleich zu Rapsöl berücksichtigt werden.

Hanf-Rapsöl-Mischungen

Um die Möglichkeit einer Verbesserung der Altersstabilität von Hanföl durch die Beimischung von Rapsöl bzw. die Verbesserung des Kältever-

haltens von Rapsöl durch die Beimischung von Hanföl zu prüfen, wurden in weiteren Untersuchungen definierte Anteile von Rapsölkraftstoff dem Hanföl beigemischt und analysiert.

Hier zeigt sich, dass ab einer 80 %-igen Beimischung von Rapsöl zu Hanföl die Grenzwerte der Oxidationsstabilität gemäß der DIN-Vornorm eingehalten werden können. Allerdings müssen hierzu qualitativ hochwertige Raps- und Hanföle verwendet werden.

Gleichzeitig verbessern sich das Kälteverhalten und die Fließfähigkeit des Rapsöls durch die Bemischung von Hanföl, insbesondere bei der Verwendung des raffinierten Hanföls.

Fazit

Bei der Verwendung von raffiniertem Hanföl als 20 %ige Beimischung zu hochwertigem Rapsöl kann ein Kraftstoff erzielt werden, der die DIN-Vornorm für Pflanzenölkraftstoffe grundsätzlich erfüllt und in heutigen pflanzenöltauglichen Motoren eingesetzt werden kann. Gegenüber reinem Rapsöl weist dieser Raps/Hanf-Kraftstoff ein verbessertes Kälteverhalten und eine bessere Fließfähigkeit auf.

Bevor man diese Option aber tatsächlich umsetzt, sollte das konkrete Raps/Hanfölgemisch auf die Einhaltung der DIN V 51605 geprüft werden und der Einsatz in Absprache mit dem Umrüster der Motoren erfolgen.

5.2.7.3 Ökonomische Eignung von Hanföl als Kraftstoff

Die ökonomische Analyse (Carus et al. 2007), auf der diese Zusammenfassung basiert, zeigt, dass Hanföl selbst in der günstigsten Variante deutlich teurer ist als Rapsöl selbst bei hohen Rapssaaten-Preisen.

Die Presstechnik für Hanföl unterscheidet sich nicht von jener für Rapsöl. Die optimale Inwertsetzung des Koppelproduktes Presskuchen stellt einen wesentlichen Faktor in der Kostenbetrachtung beider Öle dar, unterscheidet sich aber kaum für Hanf und Raps. Der Preis für Hanföl aus dezentralen Ölmühlen ist – durch den etwas schlechteren Auspressgrad, aber vor allem durch die höheren Samenkosten und die geringeren Ölgehalte der Samen – deutlich höher als der für Rapsöl. Selbst wenn das Hanföl heiß gepresst wurde, womit sich eine höhere Ausbeute ergibt, bleibt es immer noch teurer als Rapsöl.

Unter heute üblicher Kleinmengenproduktion kostet Hanföl minde-

stens 2,34 €/l (bei guter Inwertsetzung des Presskuchens), was eine Verwendung als Kraftstoff vollkommen ausschließt. Bei großflächigem Anbau und Heißpressung könnte der Mindestpreis von Hanföl auf 0,91 €/l sinken.

Die Mindestpreise von Rapsöl liegen in den drei betrachteten Szenarien zwischen 0,58 und 0,78 €/l und damit deutlich günstiger.

Die genannten Zahlen hängen vor allem vom Saatenpreis (gerade bei Raps gibt es hier erhebliche Schwankungen), dem Ölgehalt (primär sortenabhängig) und der Inwertsetzung des Presskuchens ab (starke regionale Schwankungen). Gerade Letzteres kann den Mindestpreis für Hanf- und Rapsöl regional stark beeinflussen.

Insgesamt zeigt sich, dass die heute verfügbaren Hanfsorten für die Pflanzenöl-Kraftstoffproduktion keinerlei ökonomische Alternative zu Raps darstellen. Erst wenn bei Hanf mittels moderner Züchtungsmethoden erheblich gestiegene Samenerträge pro Hektar (von heute ca. 1 t/ha auf 3 bis 4 t/ha) bei gleichzeitig erhöhtem Ölgehalt der Samen (über 40 %) erzielt würden, kann sich an dieser Aussage etwas ändern. Dabei ist heute vollkommen offen, welches Potenzial Hanf als Ölpflanze tatsächlich besitzt.

Bis auf erste Aktivitäten in Kanada sind weltweit allerdings keine relevanten Züchtungsaktivitäten im Bereich der Ölerträge von Hanf erkennbar.

In Bezug auf den Einsatz als Pflanzenöl-Kraftstoff bedeutet dies für Hanf, dass auf absehbare Zeit nur qualitativ minderwertige Chargen, die nicht in den Bereichen Lebensmittel, Hautpflege oder Tierfutter hochpreisig vermarktet werden können, aus ökonomischer Sicht für die Kraftstoffproduktion in Frage kommen.

Eine weitere Möglichkeit besteht, wenn Hanf für Fasern und Schäben großflächig angebaut würde (z.B. 15.000 ha für die Spanplattenindustrie) und die in Koppelnutzung anfallenden Samen mengenmäßig in den bisherigen Märkten nicht untergebracht werden können. Sollte sich in diesem Fall der Mehraufwand der Koppelnutzung auch bei geringeren Samenpreisen (auf Rapsniveau) noch rechnen, wäre dies aus ökonomischer Sicht eine weitere Möglichkeit, Hanfsamen für die Produktion von Hanföl-Kraftstoff zu nutzen. Ob dies allerdings der Fall ist, muss in weiteren Untersuchungen geprüft werden.

5.2.7.4 Ausblick

Hanföl wird als Pflanzenöl-Kraftstoff zukünftig erst eine relevante Rolle spielen können, wenn zum einen Motoren speziell für den Einsatz von Hanföl entwickelt bzw. modifiziert und zum anderen Hanfsorten entwickelt wurden, die über erheblich höhere Samenerträge pro Hektar sowie verbesserte Ölgehalte verfügen. Beides wird in absehbarer Zeit nicht der Fall sein.

Aus heutiger Sicht wird der Einsatz von Hanföl als Pflanzenöl-Kraftstoff auf Nischen und Sonderfälle beschränkt bleiben. Aus ökonomischer Sicht wären solche Sonderfälle minderwertige Qualitäten oder große Mengen an Samen aus Koppelproduktion mit Hanffasern, die nicht in den hochwertigen Bereichen Lebensmittel, Hautpflege und Futtermittel abgesetzt werden können.

Aus technischer Sicht bietet sich aktuell vor allem an, Hanföl als Beimischung zu Rapsöl zu verwenden. Werden maximal 20 % raffiniertes Hanföl gutem Rapsöl beigemischt, können die erforderlichen Kennwerte gemäß DIN V 51605 eingehalten und das Gemisch grundsätzlich in pflanzenöltauglichen Motoren eingesetzt werden. Gleichzeitig werden durch die Hanföl-Beimischung das Kälteverhalten und die Fließfähigkeit verbessert.

Bevor man diese Option aber tatsächlich umsetzt, sollte das konkrete Raps/Hanfölgemisch auf die Einhaltung der DIN V 51605 geprüft werden und der Einsatz in Absprache mit dem Umrüster der Motoren erfolgen.

Anmerkung: Hanföl für Biodiesel?

Neben dem Einsatz als reiner Pflanzenöl-Kraftstoff, kann Hanföl grundsätzlich auch für die Produktion von Biodiesel genutzt werden. Auch wenn hierzu bislang keine Erfahrungen vorliegen, ist zu erwarten, dass die technischen Probleme geringer sind als bei der Nutzung als Pflanzenöl-Kraftstoff. Der Prozess der Biodiesel-Herstellung ist deutlich weniger sensibel auf den Pflanzenöl-Input als umgerüstete Motoren für die direkte Pflanzenölnutzung (Thuneke 2007). Anders sieht es bei der Ökonomie aus – hier ist das teure Hanföl nur wenig attraktiv für die Biodiesel-Produktion.

Unter speziellen Rahmenbedingungen kann die Biodiesel-Produktion aus Hanföl dennoch eine reale Option sein: Aktuell wird in Nepal ein Projekt vorbereitet, ertragreiche Nutzhanfsorten großflächig für die Biodiesel-Produktion anzubauen. Der Hanf-Biodiesel soll bis zu 5 % des Dieselbedarfs in Nepal decken (Sommer 2007). Unter den speziellen klimatischen Bedingungen Nepals gehört Hanf zu den interessantesten Ölpflanzen.

5.3 Nutzung der Blätter: Nun auch Tee erhältlich

Der Blattanteil liegt bei der Flachspflanze bei nur 2 bis 3 %, bei der Hanfpflanze hingegen bei etwa 20 % (Heger 2006). Dem entsprechend lassen sich die Flachsblätter nicht ökonomisch verwerten, zumal sie zum Zeitpunkt der Ernte – im Gegensatz zu Hanf – schon alle Inhaltstoffe an den Stängel zurückgegeben haben.

Tabelle 36: Nährstoffgehalt von Hanfblättern (je 100 g)

Natrium	3,2 mg
Kalium	3.271 mg
Calcium	4.212 mg
Magnesium	392 mg
Phosphor	293 mg
Eisen	28,4 mg
Zink	2,9 mg

Quelle: Theimer 2007

Seit einigen Jahren ist in Deutschland Tee aus den Blättern der Hanfpflanzen erhältlich. Diese werden getrennt von der Pflanze geerntet und schonend getrocknet. Die Blätter stammen von kontrolliert biologisch angebautem Faserhanf. Der Tee wird pur oder als Mischung mit anderen Blättern (z.B. Brombeerblättern) oder Früchten angeboten. Hanftee enthält kein Tein (Coffein) und soll nach Herstellerangaben antibiotisch wirken und das Immunsystem nachhaltig stärken.

Hanftee ist vorwiegend über den einschlägigen (Internet-)Handel zu beziehen, ist aber auch über den Teehandel im Internet und selten in gut sortierten Teehäusern erhältlich. Genaue Mengenangaben zum Absatz und zur Wertschöpfung liegen nicht vor.

Für Hanftees gelten dieselben gesetzlichen Regelungen wie auch für andere Hanfgetränke *(siehe Kapitel 6.1.3).*

Hanfblätter dürfen in Deutschland als Tierfutter eingesetzt werden, *siehe Kapitel 5.2.5.*

5.4 Hanfblüten

5.4.1 Rohstoff für die Pharmaindustrie

Lein (Flachs) und Hanf werden seit vielen Jahrhunderten zu medizinischen Zwecken eingesetzt. Während die Blüten des Hanfes mit ihren spezifischen Inhaltsstoffen, den Cannabinoiden, vor allem zur Linderung schwerer Erkrankungen eingesetzt werden, weisen Lein- und Hanfsamen gesundheitsfördernde und Krankheiten vorbeugende Eigenschaften auf. Lein- und Hanfsamen sowie daraus hergestellte Produkte können sinnvoll in die tägliche Ernährung integriert werden, so dass sich ein potenziell großer Absatzmarkt ergibt *(vgl. Kapitel 5.2.2)*. Dem gegenüber werden von Hanfblüten als Ausgangsrohstoff für Medikamente geringere Mengen benötigt.

Medizinisches Potenzial von Hanfblüten und Cannabinoiden

Obwohl Hanf eindeutig auch eine Arzneipflanze ist, wird er bislang nicht zu den einheimischen Arznei- und Heilpflanzen gezählt und in entsprechende Programme integriert. Und das, obwohl er das Potenzial hat, viele der bekannten heimischen Arzneipflanzen an medizinischer und ökonomischer Bedeutung zu übertreffen.

Delta-9-Tetrahydrocannabinol, kurz Delta-9-THC oder THC genannt, ist der pharmakologisch wichtigste spezifische Inhaltsstoff des Hanfs. THC, das im therapeutischen Kontext meistens Dronabinol genannt wird, ist für den charakteristischen Rauschzustand nach der Aufnahme entsprechender Mengen von Drogenhanf verantwortlich. Es fördert zudem den Appetit, hemmt Übelkeit und Erbrechen, lindert Schmerzen, entspannt die Muskulatur und hemmt Entzündungen, um nur die wichtigsten pharmakologischen Eigenschaften zu nennen. THC und Hanfblüten werden in der Medizin daher vor allem bei chronischen Schmerzen, bei chronisch-entzündlichen Erkrankungen wie Arthritis und chronischen Darmentzündungen (Morbus Crohn, Colitis ulzerosa), bei Muskelspastik und Muskelspasmen im Rahmen einer multiplen Sklerose oder bei Querschnittserkrankten sowie gegen Übelkeit und Appetitlosigkeit von Krebs- und Aidspatienten eingesetzt. (Grotenhermen 2004, 2005)

Hanf mit Potenzial im Kampf gegen Krebs und Alzheimer?

THC und andere Cannabinoide hemmen in verschiedenen Tiermodellen

das Wachstum einer Vielzahl von Tumorarten. Dabei stehen zwei Wirkungsmechanismen im Vordergrund. Die Cannabinoide lösen bei Krebszellen eine Apoptose (programmierten Zelltod) aus und verringern die Blutgefäßneubildung im Tumorbereich, so dass die Versorgung des Tumors mit Nährstoffen verschlechtert wird.

Auch die Entwicklung neurodegenerativer Erkrankungen kann durch THC beeinflusst werden. Von besonderem Interesse ist auch die Beobachtung, dass das Cannabinoid die Verklumpung des so genannten Amyloid-Beta-Peptids hemmt, das eine zentrale Rolle bei der Entwicklung der Alzheimer-Erkrankung spielt. THC und andere Cannabinoide werden daher als mögliche Kandidaten für eine Therapie zur Verlangsamung des Verlaufs dieser Erkrankung angesehen. (Grotenhermen 2007)

THC-Produktion für medizinische Zwecke

Die Weltjahresproduktion an THC für medizinische Zwecke betrug nach Angaben der Mitgliedsländer an International Narcotics Control Board 119 kg im Jahre 2003 (INCB 2006). Das THC wird entweder aus THC-reichen Hanfpflanzen, die in Treibhäusern der Pharmaindustrie wachsen, gewonnen oder synthetisch hergestellt.

Die Jahresproduktion der beiden in Deutschland ansässigen Firmen THC Pharm (Frankfurt) und Delta 9 Pharma (Neumarkt) betrug im Jahre 2003 nach der Statistik des INCB 10 kg. Sie extrahieren zur THC-Gewinnung Cannabidiol (CBD) aus Faserhanf und isomerisieren es zu THC. In Deutschland ist der Anbau THC-reicher Hanfsorten – auch zur Gewinnung von THC zu medizinischen Zwecken – im Gegensatz zu anderen Ländern wie Großbritannien, den Niederlanden oder der Schweiz, nicht gestattet. Der Weg über THC-armen Faserhanf ist daher derzeit in Deutschland der einzig legale Weg, medizinisches THC herzustellen.

Darüber hinaus werden aus Hanfblüten zwei Extrakte unter den Namen Sativex® und Cannador® für die klinische Forschung hergestellt. Sativex® ist zudem in Kanada bereits für die Behandlung von Schmerzen bei multipler Sklerose arzneimittelrechtlich zugelassen.

Marktpotenzial

Diese Zahlen spiegeln jedoch nicht das vorhandene Interesse an Medikamenten auf Hanfbasis wieder. Im US-amerikanischen Staat Oregon können sich Patienten registrieren lassen, die eine Ausnahmegenehmigung zur medizinischen Verwendung sonst illegaler Hanfprodukte erhalten möch-

ten. Zurzeit haben etwa 0,3 Prozent der Bevölkerung des Staates eine solche Ausnahmegenehmigung erhalten, dies sind etwa 11.000 Personen von etwa drei Millionen Einwohnern. Die Daten sind auf der Seite des Gesundheitsministeriums von Oregon öffentlich zugänglich (http://www.oregon.gov/DHS/ph/ommp/data.shtml). Würde dieser Anteil auf die Situation in Deutschland übertragen, so würden etwa 250.000 Bundesbürger medizinisch von Cannabisprodukten profitieren. Bei einem durchschnittlichen Tagesbedarf von 10 mg THC ergäbe sich daraus ein Jahresbedarf von etwa 1.000 kg THC. Unter der Annahme eines CBD-Gehaltes in Faserhanf von 0,5 Prozent werden für die Gewinnung von 10 kg THC etwa 0,2 t Faserhanfblüten benötigt, für die Gewinnung von 1.000 kg THC entsprechend 20 t Faserhanfblüten. (Grotenhermen 2004, 2005)

Weiterführende Literaturhinweise zu Krebs:

Ligresti A, Schiano Moriello A, Starowicz K, Matias I, Pisanti S, De Petrocellis L, Laezza C, Portella G, Bifulco M, Di Marzo V. Anti-tumor activity of plant cannabinoids with emphasis on the effect of cannabidiol on human breast carcinoma. J Pharmacol Exp Ther 2006;318(3):1375-87.

McKallip RJ, Jia W, Schlomer J, Warren JW, Nagarkatti PS, Nagarkatti M. Cannabidiol-induced apoptosis in human leukemia cells: A novel role of cannabidiol in the regulation of p22phox and Nox4 expression. Mol Pharmacol 2006;70(3):897-908.

Weiterführender Literaturhinweis zu Alzheimer:

Eubanks LM, Rogers CJ, Beuscher AE IV, Koob GF, Olson AJ, Dickerson TJ, Janda KD. A Molecular Link between the Active Component of Marijuana and Alzheimer's Di-sease Pathology. Mol Pharm 2006;3(6):773-7.

5.4.2 Ätherisches Hanföl

Ätherisches Hanföl wird nicht aus den Hanfsamen gewonnen, sondern über Wasserdampfdestillation aus den Blüten und Blättern des Hanfes, und in Lebensmitteln eingesetzt, um eine spezielle Geschmacksnote zu erzielen. Ätherisches Hanföl ist vergleichbar mit den bekannten ätherischen Ölen Pfefferminz- und Teebaumöl.

Der typische Cannabis-Geruch des ätherischen Öles stammt nicht von seinen Cannabinoiden, sondern von seinen leichtflüchtigen Mono- und

Sesquiterpenen. Zu dieser Gruppe gehört zum Beispiel das Caryophyllenoxid, das die Leitsubstanz für Haschisch-Suchhunde ist. (Mediavilla & Steinemann 1997)

Herstellung ätherischen Hanföls

Durch einen Extraktions- und Destillationsvorgang werden die ätherischen Bestandteile gewonnen. Hierzu strömt Wasserdampf durch einen Behälter mit Pflanzen/Blättern und löst so die Duftmoleküle. Durch die Abkühlung wechselt der Aggregatzustand des Dampfes wieder zu flüssig. Die unterschiedliche Dichte trennt das ätherische Öl von der wässerigen Phase; es schwimmt obenauf.

Bis jetzt sind ungefähr hundert verschiedene Bestandteile der Hanfessenz bekannt, namentlich Mono- und Sesquiterpene, wobei frische oder getrocknete Pflanzen unterschiedliche Qualitäten ergeben (Appel 2005).

Ätherische Hanföle können dabei sowohl aus den Blüten THC-armer Nutzhanfsorten als auch aus den Blüten THC-reicher Hanfsorten, wie sie in der Schweiz im Freiland angebaut werden dürfen, gewonnen werden. Je nach Hanfsorte und Prozess unterscheidet sich die Zusammensetzung und damit auch der Geruch und die Qualität des ätherischen Öls. Sorten mit stark ölhaltigen Samen sind dabei weniger geeignet, da die Gefahr besteht, dass das fettlösliche Delta-9-THC in den Wasserdampf gerät und die Essenz verunreinigt. (Appel 2005)

Ein Qualitätskriterium der ätherischen Hanföle ist der THC-Restgehalt. Bei optimaler Her-stellung können sehr niedrige Werte erzielt werden, die für die Verwendung in Lebensmitteln und Kosmetika vollkommen unbedenklich sind *(siehe Kapitel 6.1.3)*.

Mengen, Preise und Märkte

Insgesamt werden in Europa weniger als 200 l/ Jahr dieses Öles produziert und vermarktet (Fürst 2007). Die reine Essenz ist aufgrund der arbeitsintensiven Ernte und der noch begrenzten Märkte sehr hochpreisig: Bereits 1 ml kostet ca. 6 €, die bei ähnlichen Produkten beliebte Einheit von 10 ml liegt bei knapp 40 €. Zum Vergleich: Teebaumöl, dem ähnliche aseptische Eigenschaften zugeordnet werden, ist bereits für unter 5 €/10 ml zu haben, andere ätherische Öle bereits unter 3 €/10 ml *(vgl. www.chanvre-info.ch und www.spinnrad.de, Stand Januar 2007)*. Trotz dieses hohen Preises ist die Öl-Extraktion der Blüten nur ökonomisch möglich, wenn weiterhin die übrigen Bestandteile des Pflanze (Samen, Fasern, Schäben) vermarktet werden (Fürst

2007). Bekannte Anwendungen für ätherische Hanföle sind Eistee, (Husten-)Bonbons, Pralinen, Lutscher und verschiedene Hanfbier-Sorten. Auch in Kosmetika, Pflegemitteln und Parfüm wird die Hanf-Essenz bereits eingesetzt.

Auch wenn die therapeutischen Wirkungen des ätherischen Hanföls noch ungenügend erforscht sind, werden bereits eine Reihe von Anwendungen diskutiert: Als Zugabe zu Haut- und Massageöl soll das ätherische Hanföl entspannend und entzündungshemmend wirken und die Hautregeneration fördern. Auch bei verspannten und übermüdeten Muskeln, Krämpfen, Schwellungen und Phantomschmerzen hat sich die Anwendung bewährt.

In der Aromatherapie hat ätherisches Hanföl je nach Rezeptur und Verwendung eine beruhigende, entspannende, stimulierende oder ausgleichende Wirkung. Es reinigt sanft die Atemwege und fördert die Bronchodilatation. Mit Wasser verdünnt, oder unverdünnt auf einem Stück Zucker, wirkt es als natürliches Antibiotikum und bekämpft Entzündungen der Verdauungsorgane. Verdünnte oder reine Hanfessenz soll auch gegen Psoriasis und Mykosen wirksam sein. (Appel 2005)

Ausblick

Dadurch, dass ätherisches Hanföl erst seit wenigen Jahren hergestellt wird, ist seine Wirkung und Duftnote in der Öffentlichkeit und bei Experten noch wenig bekannt. Es ist ein echtes Nischenprodukt – und wird dies nach Einschätzung von Experten vorerst auch bleiben. Ein Grund sind die aufwändigen Ernte- und Produktionsmethoden, die auch bei größerer Nachfrage kaum zu sinkenden – und damit wettbewerbsfähigeren – Preisen führen werden.

Zurzeit untersuchen mehrere Expertenteams die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten. Sobald repräsentative und wissenschaftlich fundierte Ergebnisse vorliegen, ist eine weitere Verbreitung, besonders als Therapeutikum, zu erwarten. Die dazu erforderlichen Untersuchungen sind sehr zeit- und geldintensiv, so dass ein Zeitrahmen nicht absehbar ist.

Ob ätherisches Hanföl mit seiner speziellen Duftnote im Lebensmittel- oder Kosmetiksektor Karriere machen wird, ist schwer einzuschätzen. Nicht unproblematisch ist dabei, dass das ätherische Öl – auch wenn es praktisch THC-frei produziert werden kann – die Leitsubstanz für Haschisch-Suchhunde ist. Dies mag auch ein Grund sein, warum entsprechende Produkte in den USA immer wieder juristische Probleme bekommen.

In Europa ist ätherisches Hanföl in Lebensmitteln, Kosmetika und Pflegemitteln grundsätzlich erlaubt, wenn die entsprechenden Grenz- oder Richtwerte für THC in Lebensmitteln im Endprodukt nicht überschritten werden *(siehe Kapitel 6.1.3)*.

6.

Wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen für den Flachs- und Hanfanbeu sowie für Naturfaser-Werkstoffe

6 Wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen für den Flachs- und Hanfanbau sowie für Naturfaser-Werkstoffe

6.1 Ordnungspolitische Rahmenbedingungen und Stützungsregelungen

6.1.1 Rückblick auf die EU-Stützungsregelungen seit 1970

Anfang der 70er Jahre wurden in Brüssel attraktive Regelungen zur Stützung des Faserflachs- und Hanfanbaus beschlossen. Beim Hanf profitierten in den ersten Jahren nur Landwirte in Frankreich und Spanien von diesen Beihilfen, erst in den 90er Jahren begann die Wiederentdeckung des Hanfanbaus in Großbritannien, den Niederlanden und Deutschland. Beim Flachs waren es vor allem Frankreich, Belgien und die Niederlande *(siehe Kapitel 1.2)*.

In den Jahren 1970 und 1971 wurden verschiedene Verordnungen verabschiedet (Verordnung (EWG) Nr. 1308/70, Nr. 619/71, Nr. 1524/71), die unter anderem eine Pauschalbeihilfe für den Flachs- und Hanfanbau beinhaltete, in Form einer – vergleichsweise hohen – Flächenbeihilfe pro Hektar bestellter und abgeernteter Fläche. Zudem wurde eine Beihilfe für die Lagerung von Fasern gewährt. (Ernst & Young 2005)

Als es dann aber in verschiedenen Ländern wie insbesondere Spanien und Großbritannien *(siehe Kapitel 1.2.1 (Flachs) und 1.2.2 (Hanf))* zu einem Missbrauch der Regelungen in Form eines massiven Anbaus, Erhalt der Beihilfe, aber ohne die Nutzung der Fasern kam, wurden in den Jahren 1997 und 1998 die Beihilferegelungen deutlich verschärft und auch die Beihilfehöhe gesenkt. Wichtigste Änderungen waren die deutliche Absenkung der Flächenbeihilfe und die Einführung einer Verarbeitungsbeihilfe, verbunden mit der Verpflichtung, die tatsächliche Verarbeitung des Strohs zu Fasern anhand eines Vertrags mit einem zugelassenen Verarbeiter nachzuweisen. (Ernst & Young 2005)

Die Maßnahmen zeigten deutliche Erfolge:

„Durch die Verpflichtung zur Kontrolle, ob die Ware tatsächlich verarbeitet und auf den Markt gebracht wird, wurde Spekulationsgeschäften in der EU ein Ende bereitet. Die wirklichen Industriezweige sind bestehen geblieben und entwickeln sich seit der Reform weiter." (Ernst & Young 2005)

Eine umfassende Darstellung und Analyse der Verordnungen von 1970 bis zum Jahr 2000 sowie ihren Folgen findet sich in Ernst & Young 2005. Im Folgenden soll daher nur noch die Reform aus dem Jahr 2000, die im Wesentlichen bis heute gültig ist, näher dargestellt und diskutiert werden.

Die Reform der Gemeinsamen Marktordnung (GMO) aus dem Jahr 2000 stellte einen wichtigen Schritt in der bis heute gültigen Reglementierung des Flachs- und Hanfsektors dar. Im Bestreben, die EU-Ausgaben zu stabilisieren, hat der Rat im Juli 2000 die Regelung für die Gewährung von EU-Beihilfen im Flachs- und Hanfsektor durch zwei entscheidende Beschlüsse geändert:

- Einbeziehung von Flachs und Hanf in die Stützungsregelung für Erzeuger der „Grand Culture" (Verordnung (EG) Nr. 1672/2000 des Rates vom 27. Juli 2000);

- Einführung einer Verarbeitungsbeihilfe (Verordnung (EG) Nr. 1673/2000 des Rates vom 27. Juli 2000 über die gemeinsame Marktorganisation für Flachs und Hanf).

Im Nachrichten-Portal für Nachwachsende Rohstoffe war hierzu zu lesen (NP 2000-07-17):

„Brüssel: Kompromisspaket Flachs und Hanf verabschiedet

Die Agrarminister der EU einigten sich am späten Abend des 17.07.2000 nach langwierigen Verhandlungen einstimmig auf ein Kompromisspaket für die Preisvorschläge 2000/2001 sowie die Reform des Sektors Flachs und Hanf. Wichtigste Inhalte:

...

Aufnahme von Flachs und Hanf in die Grand-Culture-Regelung mit entsprechender prozentualer Absenkung der (Flächen)Beihilfe.

Deutliche Erhöhung der Verarbeitungsbeihilfe für Kurzfasern auf 90 €/t Fasern im Vergleich zu den ursprünglichen Kommissionsvorschlägen von 40 €/t.

Die Verarbeitungsbeihilfe für Flachs-Langfasern liegt bei 100 €/t im Wirtschaftsjahr 2001/02 und erhöht sich 2002 bis 2006 auf 160 €/t um schließlich ab 2006/07 200 €/t zu erreichen.

Der Höchstwert für Unreinheiten wird auf 7,5 % (ursprünglicher Kommissionsvorschlag 5 %) festgesetzt, mit der Option, diesen Wert unter Berücksichtigung tradi-

tioneller Absatzmöglichkeiten bis einschließlich 2003/04 auf bis zu 25 % bei Hanf und bis zu 15 % bei Flachs anzuheben.

Die einzelstaatlichen Produktions-Höchstmengen („nationale Garantiemengen") wurden für alle Mitgliedsstaaten verdoppelt, z.B. für Deutschland auf nunmehr 12.800 t/a. Die Kommission verpflichtet sich gleichzeitig, im Jahr 2003 einen Bericht über die Nutzung der nationalen Garantiemengen in den Mitgliedsstaaten vorzulegen und ggf. eine Neuaufteilung vorzunehmen.

Die Kommission verpflichtet sich zudem, im Jahr 2005 eine Bewertung der Auswirkungen der Verarbeitungsbeihilfe vorzulegen, die insbesondere auch die Möglichkeit einer Beibehaltung der Verarbeitungsbeihilfe für Kurzfasern einbezieht.

Auch weiterhin können Hanfsamen für Nahrungsmittelzwecke in Koppelnutzung gewonnen werden, ohne dass ein Ausschluss aus der Beihilfegewährung erfolgt. (Diese von Deutschland stark vertretende Forderung wurde schließlich doch noch ins Paket aufgenommen).

...

Der Deutsche Bauernverband (DBV) wertet das Kompromisspaket als wesentlichen Fortschritt gegenüber den ursprünglichen Vorschlägen der EU-Kommission. Der EU-Agrarrat und zuvor das EU-Parlament haben dabei die Argumente der Landwirte aufgegriffen. So wie sich die neue Marktordnung nun darstellt, haben der Anbau von Flachs und Hanf nach Ansicht des DBV in Deutschland und Europa weiterhin eine Perspektive."

Ernst & Young 2005 nennen als wichtigste Punkte der neuen Regelung:

- Differenzierte Höhe der Verarbeitungsbeihilfe nach Faserlänge und -qualität.
- Beschränkung der Gesamtmenge der Beihilfe durch die Einführung von Quoten in Form von garantierten einzelstaatlichen Mengen (QNG).
- Einbeziehung umweltpolitischer Aspekte.
- Verhältnismäßigkeit der Beihilfe zum Produktvolumen – seit 2000 ist die Verarbeitungsbeihilfe proportional zu der hergestellten Fasermenge.
- Generalisierung der Verpflichtung zur „vertraglichen Regelung" der Verarbeitung (Nachweis).
- Konsolidierung des Kontrollsystems.

In der Gesamtanalyse der GMO-Reform Flachs und Hanf 2000 kommen Ernst & Young 2005 zu dem Ergebnis:

„Allgemeiner gesagt, enthüllt die Untersuchung der Verarbeitungsbetriebe zwei entscheidende Auswirkungen der Beihilfen auf die Strukturierung dieser noch nicht gut vernetzten und im Entstehen begriffenen Branchen:

- Bei den Erzeugern haben die Pflicht der Vertraglichung und die Teilentlohnung der Landwirte – nach einstimmiger Meinung der Akteure – die Branchenarbeit verbessert, mit vorteilhaften Auswirkungen auf die Anpassung der Produktion an die Bedürfnisse der Märkte (Menge und Qualität);
- In den nachgelagerten Industriezweigen hat die Existenz der GMO und der Kurzfaser-Beihilfe es den Verarbeitern ermöglicht, gute Handelsbeziehungen mit nachgelagerten Industriezweigen, die sehr anspruchsvoll in Bezug auf die Sicherheit ihrer Versorgung sind (Automobil-, Kunststoffindustrie...), aufzunehmen. Die Naturfaser-Produktionsbranchen sahen die EU-Beihilfen als eine Art Kaution und als Garantie für ihren Fortbestand; gute Gründe für ein Engagement der nachgelagerten Industriezweige."

Insgesamt kommen Ernst & Young 2005 zu einer positiven Einschätzung in Bezug auf das Ziel der Kommission, die Ausgaben im Bereich Flachs und Hanf zu stabilisieren bzw. sogar zu senken:

„Die Reform hat zu einer bedeutenden Senkung der EU-Ausgaben ab 2001 beigetragen, indem sie Stabilisationsmechanismen eingeführt hat, deren Reichweite sich auf alle Länder der EU 15 ausgedehnt zu haben scheint – und das in beiden Bereichen (Flachs und Hanf)."

6.1.2 Aktuelle Stützungsregelungen für Faserflachs und -hanf im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU

Mit der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik aus dem Jahr 2003 sind die bisherigen produktionsbezogenen Beihilfen an die Landwirte wie z.B. die Flächenzahlungen für den Anbau von Kulturpflanzen einschließlich Flachs und Hanf mit bestimmten Ausnahmen von der Produktion entkoppelt worden. An deren Stelle sind den Landwirten Zahlungsansprüche pro Hektar zugewiesen worden. Um diese Zahlungsansprüche geltend zu machen, ist es nicht mehr erforderlich, eine bestimmte Kulturart anzubauen. Es reicht, wenn die Fläche in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand erhalten wird.

Die wesentlichen Bestimmungen sind in der Ratsverordnung (EG) Nr. 1782/2003, den Kommissionsdurchführungsverordnungen (EG) Nr.

795/2004, (EG) Nr. 796/2004 und (EG) Nr. 1973/2004 sowie im Betriebsprämiendurchführungsgesetz, der Betriebsprämiendurchführungsverordnung und der InVeKoS-Verordnung enthalten.

Diese sind auf der BMELV-Webseite unter www.bmelv.de (Startseite -> Landwirtschaft -> Förderung -> Direktzahlungen) zu finden.

Die Zahlungsansprüche sind jeweils für das betreffende Jahr bis zum 15. Mai in einem Sammelantrag bei der zuständigen Stelle des jeweiligen Bundeslandes geltend zu machen.

Für Faserhanf gelten aufgrund seines Gehaltes an Tetrahydrocannabinol (THC) besondere Bedingungen bei der Antragstellung. Nach der Wiederzulassung des Anbaus von Hanf war dieser nur zur Faserproduktion erlaubt. Seit 2007 hat die Europäische Union eine Erweiterung auf andere Industriezwecke, wie z.B. stoffliche oder energetische Ganzpflanzennutzung, vorgenommen (Verordnung (EG) Nr. 953/2006 vom 19. Juni 2006): „Es ist angebracht, dass auch der Hanfanbau für andere Industriezwecke für die Regelung (gemeint ist die Betriebsprämienregelung) in Betracht kommt". Dies könnte den Weg für die Nutzung der Hanf-Ganzpflanze für Leichtbauplatten ebnen *(siehe Kapitel 5.1.2.2)*.

Mittels einer mit Hanf bebauten Fläche können Zahlungsansprüche nur aktiviert werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Der Anbau darf nur mit zertifiziertem Saatgut der Sorten erfolgen, die einen Gehalt an Tetrahydrocannabinol (THC) von nicht mehr als 0,2 % aufweisen und im Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 796/2004 in der jeweils geltenden Fassung aufgeführt sind *(siehe Sortenliste im Anhang)*.

- Im Sammelantrag müssen die mit Faserflachs und Hanf bestellten Flächen genau angezeigt werden.

- Weiterhin sind die Saatgutmengen anzugeben und die verwendeten Sorten anhand der amtlichen Etiketten nachzuweisen.

Beim Anbau von Hanf im Rahmen der Energiepflanzenregelung oder als Nachwachsendem Rohstoff auf Stilllegungsflächen finden weitere Sonderregelungen (Vorlage von Verträgen, Anbauerklärungen u.a.) Anwendung.

THC-Kontrollen

Damit die notwendigen Kontrollen des THC-Gehaltes durchgeführt werden können, müssen die Pflanzen grundsätzlich bis mindestens zehn Tage nach Ende der Blüte gepflegt werden. Eine Ernte vor Ablauf der Zehntagefrist ist möglich, wenn die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) Teilflächen von zu prüfenden Parzellen festgelegt hat und nach Blühbeginn die Ernte der restlichen Fläche genehmigt hat. Die Teilflächen können erst nach Probeziehung und Freigabe durch die BLE geerntet werden.

Weitere Einzelheiten zu den THC-Kontrollen können aus dem Merkblatt der BLE unter www.ble.de „Pflanzliche Erzeugnisse/Flachs und Hanf" entnommen werden (BLE 2006c).

Auf die Anzeigepflicht jeglichen Hanfanbaus in Deutschland nach § 24a des Betäubungsmittelgesetzes (BtMG) bis zum 15. Juni des Anbaujahres bei der BLE, Deichmanns Aue 29, 53179 Bonn, wird besonders hingewiesen.

Nach Anlage I des BtMG ist der Anbau von Faserhanf nur Unternehmen der Landwirtschaft gestattet, mit Ausnahme von Unternehmen der Forstwirtschaft, des Garten- und Weinbaus, der Fischzucht, der Teichwirtschaft, der Imkerei, der Binnenfischerei und der Wanderschäferei.

Verarbeitungsbeihilfe

Im Rahmen der gemeinsamen Marktorganisation für Faserflachs und -hanf, Verordnung (EG) Nr. 1673/2000, kann der erste Verarbeiter von Flachs- und Hanfstroh ab dem Wirtschaftsjahr 2001/2002 (Ernte 2001) für die Erzeugung von Kurzfasern eine Verarbeitungsbeihilfe in Höhe von 90 €/t erzeugte Fasern erhalten. Für lange Flachsfasern beträgt die Beihilfe 160 €/t.

Die erzeugten Fasern dürfen einen Reinheitsgrad von 7,5 % Unreinheiten und Schäben nicht übersteigen. In Deutschland wird gemäß der nationalen Flachs- und Hanfbeihilfenverordnung die Ausnahmeregelung der EU-Verordnung, die Verarbeitungsbeihilfe für Kurzfasern von Hanf auch bis zu einem Gehalt von 25 % Unreinheiten und Schäben und für Flachs bis zu einem Gehalt von 15 % zu gewähren, angewendet Die Beihilfe wird in diesen Fällen entsprechend der Standardqualität nach unten angepasst.

Voraussetzung für die Zahlung der Verarbeitungsbeihilfe für aus Stroh hergestellte Fasern an den Erstverarbeiter ist neben der Einreichung eines

Sammelantrages der Abschluss eines Kaufvertrages, einer Verarbeitungsverpflichtung oder eines Lohnverarbeitungsvertrages. Außerdem muss der Erstverarbeiter von der BLE zugelassen sein.

Tabelle 37: In Deutschland zugelassene Flachs- und Hanfverarbeiter (Stand Januar 2007)

Name des Verarbeiters	Strasse	PLZ und Ort	Zulassungs-Nr.	Faserart
ARIADNE Fasertechnik GmbH	Karlsruher Straße 6	76275 Ettlingen	888 189	Flachs/Hanf
Badische Naturfaseraufbereitung GmbH	Stephanstraße 2	76316 Malsch	884 760	Hanf
High Coating Products GmbH	Waltersberg 6	97947 Grünsfeld	889 114	Hanf
Holstein Flachs GmbH	Alte Ziegelei	23795 Mielsdorf	880 119	Flachs
NAFGO GmbH	Auf dem Brink 16	27801 Neerstedt	882 846	Hanf
Rainer Nowotny	Brüssower Allee 90	17291 Prenzlau	884 355	Hanf

Quelle: BLE 2007

Diese Beihilfe wird dem von der BLE zugelassenen Erstverarbeiter bzw. dem gleichgestellten Verarbeiter nach Erfüllung der beihilferechtlichen Bedingungen (Lohnverarbeitungsvertrag, Beihilfeantrag, regelmäßige Meldungen etc.) gewährt. Die Verarbeitung des Strohs sowie der Verkauf der gewonnenen Fasern müssen spätestens am 30. April nach Ablauf des Wirtschaftsjahres abgeschlossen sein (für den Anbau im Jahre 2006 wäre dies der 30. April 2008). Die Zahlung der Beihilfe erfolgt, sobald der Nachweis über die vollständige Verarbeitung des Strohs und den Verkauf der Fasern erbracht wurde. (BLE 2006b)

Alle erforderlichen Merkblätter, Informationen und Formulare finden sich unter www.ble.de „Pflanzliche Erzeugnisse/Flachs und Hanf".

Nationale Garantiemengen

Mit der Reform 2000 wurden nationale Garantiemengen (QNG) für alle EU-Länder festgelegt (s.o.), um die Gesamtausgaben für die Verarbeitungs-

beihilfe zu begrenzen. Werden die Garantiemengen überschritten, wird die Verarbeitungsbeihilfe pro Tonne entsprechend gekürzt, was in Frankreich und Belgien bereits der Fall war.

Tabelle 38: Nationale Garantiemengen, Stand 2006

Land	Langfasern Garantiemengen t	Kurzfasern Garantiemengen t
Belgien	13.800	10.350
Dänemark		5.000
Deutschland	300	12.800
Estland	30	42
Finnland	200	2.250
Frankreich	55.800	61.350
Griechenland		
Großbritannien	50	12.100
Irland		
Italien		
Lettland	360	1.313
Litauen	2.263	3.463
Luxemburg		
Malta		
Niederlande	4.800	5.550
Österreich	150	2.500
Polen	924	462
Portugal	50	1.750
Schweden	50	2.250
Slowakei	73	189
Slowenien		
Spanien	50	20.000
Tschechische Republik	1.923	2.866
Ungarn		2.061
Zypern		
Gesamt	**80.823**	**146.296**

Quelle: BMELV 2006

Die anhaltende Kritik an den nationalen Quoten sowie Forderungen nach einer regelmäßigen Anpassung an die Marktsituation führten schließlich zu einer Abschaffung:

> „Die garantierten nationalen Mengen für kurze Flachsfasern und Hanffasern finden ab dem Wirtschaftsjahr 2008/2009 keine Anwendung mehr." (Verordnung (EG) Nr. 953/2006)

Zukünftige Höhe der Verarbeitungsbeihilfe

In der Verordnung (EG) Nr. 953/2006 wurde die zukünftige Höhe der Verarbeitungsbeihilfe wie folgt festgelegt:

Die Zahlung einer Verarbeitungsbeihilfe für die Erzeugung von kurzen Hanf- und Flachsfasern (Wirtschaftsjahre 2001/2002 bis 2007/2008: 90 €/t) ist wie die ergänzenden Flächenbeihilfen für bestimmte traditionelle Flachsanbaugebiete in den Niederlanden, Belgien und Frankreich (50 bzw. 120 €/ha) bis zum Wirtschaftsjahr 2007/2008 begrenzt, danach entfällt sie vollständig.

Für die Verarbeitungsbeihilfe für lange Flachsfasern ist ab dem Wirtschaftsjahr 2008/2009 eine Erhöhung um 40 €/t auf 200 €/t vorgesehen (Wirtschaftsjahr 2001/2002: 100 €/t, 2002/2003 bis 2007/2008: 160 €, ab 2008/2009: 200 €/t).

Im Frühjahr 2007 wurde eine Marktstudie zur Analyse der Entwicklung des Flachs- und Hanfsektors ausgeschrieben. Das Pariser Agrar-Beratungsunternehmen AND International gewann die Ausschreibung; die Studie soll im Herbst 2007 abgeschlossen werden (Renault 2007). Mit Hilfe der Ergebnisse sollen die bisherigen Verordnungen überprüft und die Beihilfe für die nächsten Jahre ab 2008 beschlossen werden *(s.u.)*.

Sollte es tatsächlich zu einem Auslaufen der Kurzfaser-Beihilfe kommen, sind erhebliche Auswirkungen für die Branche zu erwarten. Sollte gleichzeitig, wie geplant, die Langfaserbeihilfe erhöht werden, kommt es zu einer zusätzlichen Marktverzerrung zum Nachteil der modernen Hanfindustrie *(vgl. auch Kapitel 3.1)*.

Ernst & Young 2005 schreiben in ihrer Analyse hierzu:

> „Im Großen und Ganzen wird durch die Abschaffung der derzeitigen GMO-Stützungsregelung das Überleben der europäischen Flachsindustrie und Hanfindustrie auf kurze Sicht nicht gefährdet.
>
> Würde jedoch die Regelung aufgehoben, hätte dies – unter ansonsten unveränderten Umständen - eine generelle Stagnation und Destabilisierung zur Folge."

Speziell zu den Folgen für die Hanfwirtschaft heißt es:

„... die Abschaffung der Beihilfen (würde) zu einer Rückkehr der europäischen Hanffaser zu seinem historischen Absatzmarkt, dem Papier, führen und zu einer erheblichen Schwächung der Produktionen, die für die neuen, sicherlich noch unbedeutenden, Verwendungen, die aber dabei sind, sich zu festigen und kurz vor dem Aufschwung stehen, bestimmt sind.

Die Abschaffung der Beihilfe würde also nicht das Überleben der gesamten europäischen Hanfindustrie auf kurze Sicht bedrohen, aber könnte sie auf lange Sicht in Frage stellen, in dem Maße, dass

- der traditionelle Absatzmarkt, der keine Möglichkeiten zur Weiterentwicklung bietet, in der Zukunft stark bedroht werden könnte, durch Ersatzprodukte, wie z.B. Holzfasern und/oder durch einen Standortwechsel des Endmarktes (Tabak) in die Bereiche mit ansteigendem Verbrauch (Asien).
- die Entwicklungspotenziale, die an die neuen Absatzmärkte gebunden sind, gebremst oder sogar ganz gestoppt werden.
- die Abschaffung wäre ein schlechtes Zeichen für die nachgelagerten Industrien, sowohl für die Papierbranche, als auch für die neuen Absatzmärkte (wie z.B. die Automobilausstattung), die sich um den Fortbestand ihrer Zulieferung Sorgen machen könnte und sich so bestärkt darin sähe, neue und günstigere Zulieferungsquellen, die stabiler und sicherer sind, zu suchen.

Die Abschaffung der Beihilfe zieht also das Risiko mit sich, die auf den neuen Absatzmärkten ausgelösten Dynamiken in Frage zu stellen, die die Träger der Weiterentwicklung der Hanfbranche sind."

Entsprechend empfehlen Ernst & Young 2005, die Verarbeitungsbeihilfe zu erhalten, sprechen sich aber für eine grundlegende Reform aus und schlagen im Einklang mit den meisten Experten eine einheitliche Beihilfe („single aid") für die produzierten Naturfasern vor, unabhängig davon, ob es sich um Kurz- oder Langfasern handelt:

„1) Das der Beihilfe zugrunde liegende Prinzip einer tatsächlichen Verarbeitung, das sich im Kampf gegen spekulative Praktiken als sinnvoll erwiesen hat, muss eindeutig erhalten bleiben.

2) Die Gewährung unterschiedlicher Beihilfen für lange und kurze Fasern ist weder wirtschaftlich sinnvoll (Flachserzeuger und Erstverarbeiter denken ohne Unterschied global), noch ist sie sachdienlich, da durch die Aufhebung der Beihilfe für kurze Fasern die Entwicklung neuer und viel versprechender Absatzmärkte (insbesondere für Hanffasern) praktisch unmöglich gemacht wird. Diese Unterscheidung hat darüber hinaus eine Woge umfassender einstimmiger Kritik seitens europäischer Fachleute aus verschiedenen Industrien hervorgerufen; ferner erfordert sie ein komplexeres Management. All dies spricht für eine Verschmelzung der Beihilfen für lange Flachsfasern und kurze Flachsfasern und Hanffasern zu einer einzigen Beihilfe für die Flachs- und Hanfverarbeitung. Die Beihilfe könnte auf weitere Faserpflanzen ausgeweitet werden."

Die aktuellste Stellungnahme zur Zukunft der Verarbeitungsbeihilfe stammt von der „European Industrial Hemp Association (EIHA)“ (EIHA 2007):

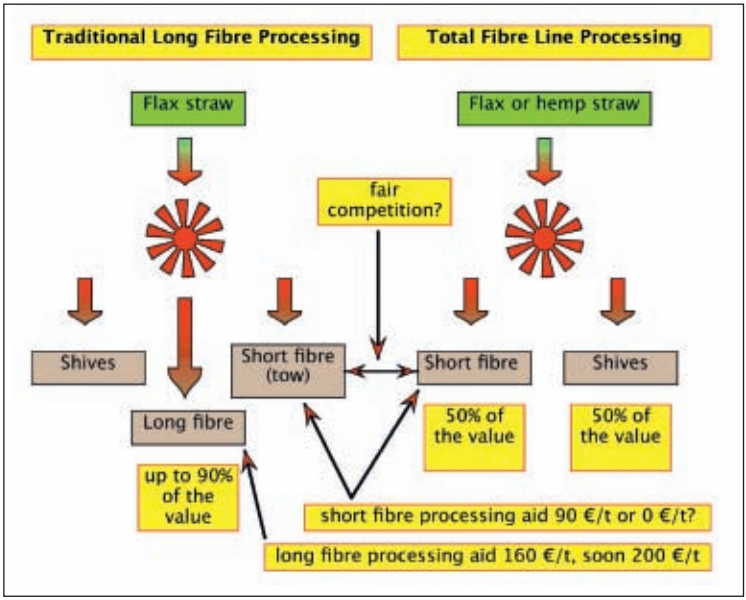
2007-01-23, Statement of The European Industrial Hemp Association (EIHA)

The recent proposal for a „common organisation of agriculture markets and on specific provisions for certain agriculture products“ could endanger the young European Hemp Industry – we present good alternatives to avert this potentially dangerous situation.

In the recent proposal for a „common organisation of agriculture markets and on specific provisions for certain agriculture products“ it is written, that flax long fibre processors should receive an increased processing aid of 200 €/ton and the short fibres processors should no longer receive a processing aid at all.

Unfair competition flax <-> hemp

Firstly this will lead to unfair competition between the flax industry, which mainly produce high value long fibre for export to China and as a low value by-product short fibre, and the young hemp industry, which only produce technical short fibres (see figure).



Competition to exotic fibres

Secondly and more importantly it really endangers the European Hemp Industry. This is because many of the final technical applications of short fibre Hemp are in direct competition to exotic, tropical fibres like jute or sisal. Over recent years the EU produ-

ced Hemp Fibres have been at the same price level as the imports of jute, kenaf and sisal: 0,50 – 0,60 €/kg for fibres for non-wovens and composites, depending on quality and amount.

Without processing aid ...

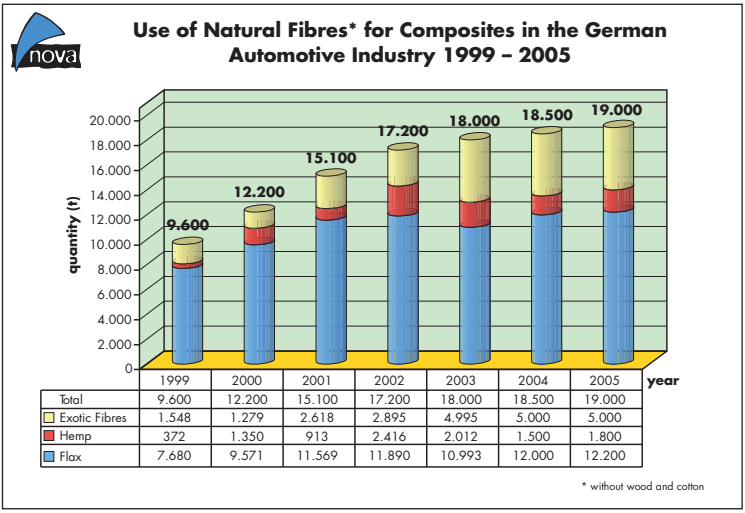
Without the 0,09 €/kg processing aid EU Hemp fibres will be more expensive than imported jute, kenaf and sisal and Hemp will significantly lose its market share. In addition short fibre flax will be cheaper, because the producer can cross subsidise his flax short fibres with the profit from the long flax fibre sold to China and their increased processing aid. So again hemp fibres will lose markets.

Hemp: Full value added chain in the EU

Whereas the European Flax Industry is extremely dependent on the exports to China, the hemp industry is a closed economic cycle. Hemp is grown and processed in the EU and the fibre is also further processed in the EU: Hemp fibre is processed to speciality paper, insulation material and natural fibre reinforced plastics / composites in the EU. Only the final products like speciality paper or (door panels in) cars are exported. The whole value adding takes place in Europe and in fact many steps are conducted in a regional context.

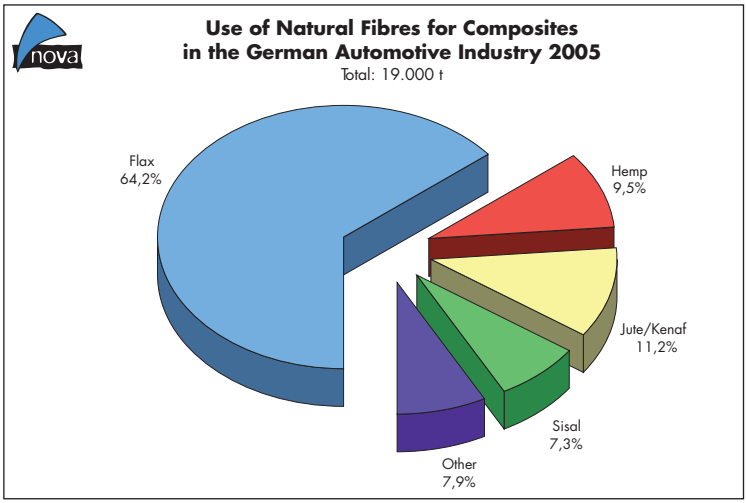
WTO and FAO realized this situation and their criticism of the natural fibres aid in the EU is only focused on the support of flax fibre exports to China and other Non-EU countries.

In addition to Hemp fibre the shives (woody core of the Hemp plant) are all processed in the EU to animal bedding, particle boards and building materials – again a closed economic cycle kept within the EU. Hemp for building can offer the Construction Industry a dramatic reduction in carbon emissions when compared to conventional materials.



Increasing demand for technical short fibres

Most importantly, in our opinion the demand for technical short fibres from fibre plants in applications like composites (replacing plastics, synthetic and glass fibres) or insulation (replacing mineral and glass fibres) is increasing in the EU and indeed worldwide. Hemp fibres fit very well to the technical demand of these industries and the prices are – with the processing aid – competitive to jute, kenaf and sisal fibres. Over the next 5 or 10 years with increasing prices for the exotic fibres EU processed hemp fibre could become more and more competitive. Therefore after 5 or 10 years the processing aid may no longer be as important as it is today due to increased market share and the ability to raise prices.



Hemp & Environment

We can also highlight the other good properties of hemp cultivation in respect to the environment. Hemp needs no pesticides or herbicides, in fact no agrochemicals whatsoever are used on this crop. Hemp also leaves the soil in excellent condition for the following crop. Growers have reported their best cereal yields with Hemp in the rotation.

The next years

To stay alive over this period, the hemp industries need the continuation of the existing aid of 90 €/t and a more fair competition with flax. If we cannot realise this we fear that the EU natural fibres industry will be, over the next years, just a raw material export industry to China. Raw processing will only take place in France, Belgium and The Netherlands.

We must point out that there is a huge potential for the new technical short fibre applications! The hemp industry is still a very young and small industry, finding their place in competition with established flax, jute and sisal businesses.

Single aid could be the solution

We are fully behind and agree with the analysis of Ernst & Young concerning the state of the flax and hemp industry in the EU („Evaluation of the Common Market Organization for Flax and Hemp, Paris, Sept. 2005"). This was a recent report commissioned by Brussels. We also support the proposal Ernst & Young developed: One single aid for all natural fibres processed in the EU – the same aid for long and short fibres of flax and hemp. In our opinion this would lead to a fair competition between hemp and flax and also both industries could live with this aid, if the level of the single aid is not too low. (The flax industry will then receive a single aid for their long and short fibre).

Please note the young hemp industry's potential for a sustainable economy and rural development by just modifying the recent proposal without increasing the amount of the aid budget.

John Hobson, Hemcore Ltd. (United Kingdom) and President of EIHA

Cesare Tofani, Ex-Managing Director of Fibranova (Italy) and First Deputy of EIHA

Bernd Frank, Badische Naturfaseraufbereitung GmbH (Germany) and Second Deputy of EIHA

Michael Carus, nova-Institut GmbH (Germany) and Managing Director of EIHA

The statement is also supported by 14 companies, associations, universities and individuals.

EIHA spricht sich also ebenso für eine einheitliche Beihilfe („single aid") für Flachs- und Hanffasern aus, die eine faire Konkurrenzsituation zwischen Flachs und Hanf sowie eine positive Marktentwicklung auch in Konkurrenz zu exotischen Fasern ermöglicht *(siehe Kapitel 3)*. Es wird dabei durchaus für möglich gehalten, dass bei der Fortsetzung der aktuellen Trends in ca. zehn Jahren keine Verarbeitungsbeihilfe mehr notwendig sein wird. Aktuell geht es aber gerade darum, diesen kritischen Zeitraum zu überleben – und hierfür ist die Verarbeitungsbeihilfe eine wichtige Voraussetzung.

Wie wird es vermutlich weitergehen?

Auf Basis einer Reihe von Meetings und Diskussionen in Brüssel und mit europäischen und nationalen Flachs- und Hanfverbänden Anfang 2007, an denen der Autor unmittelbar beteiligt war, zeichnen sich folgende Optionen für die Weiterentwicklung der Verarbeitungsbeihilfe ab:

1. Die jetzige Regelung (160 €/t für Langfasern, 90 €/t für Kurzfasern) wird für mehrere Jahre verlängert, bis es zu einer vollständigen Abschaffung dieser Sonderbeihilfe oder einer grundsätzlich neuen Regelung kommt.

2. Die von Ernst & Young und vielen Naturfaserexperten geforderte Einheits-Verarbeitungshilfe („single aid"), nach der alle produzierten Flachs- und Hanffasern eine einheitliche Beihilfe von z.B. 100 €/t erhalten, kommt doch noch. Problematisch ist hierbei, dass es sich um eine neue Sonderbeihilfe handelt und solche sind an sich in Brüssel nicht mehr erwünscht. Andererseits sprechen eine Vielzahl von Argumenten für eine solche Lösung, und die Höhe der insgesamt gezahlten Verarbeitungsbeihilfen könnte durchaus konstant bleiben oder sogar sinken. Inzwischen sind wohl auch die wichtigsten Flachsverbände Unterstützer der „single aid".

3. Dass die ursprüngliche geplante 0 €/t-Beihilfe für Kurzfasern und 200 €/t für Langfasern noch kommen wird, ist dagegen sehr unwahrscheinlich, da die hierdurch zu erwartenden Marktverzerrungen - vor allem zwischen Flachs und Hanf – den politisch Verantwortlichen in Brüssel und auch den Naturfaserverbänden bekannt und nicht erwünscht sind.

4. Grundsätzlich besteht auch im Einklang mit den übergeordneten Zielen der Generaldirektion Agrar die Option, die Sonderbeihilfe für die Verarbeitung vollständig abzuschaffen, was dann insbesondere die Flachs-Langfaserindustrie treffen würde.

In den Fällen 1) und 2) sind Fortbestand und Weiterentwicklung der neuen Kurzfaser-Industrien abgesichert, in den unwahrscheinlichen Fällen 3) und 4) wären die Kurzfaser-Industrien stark gefährdet, in Fall 4) auch die Langfaser-Industrien.

Welche Option Realität werden wird, wird maßgeblich von aktuell (Herbst 2007) laufenden Marktstudie abhängen, deren Ergebnisse noch so rechtzeitig vorliegen sollen, dass eine Entscheidung über die Zukunft der Verarbeitungsbeihilfe mit Gültigkeit zum 1.1.2008 gefällt werden kann.

Bei den Gesprächen in Brüssel wurde aber auch deutlich, dass es aufgrund der WTO-Verhandlungen klares Ziel ist, mittelfristig alle Sonderbeihilfen abzuschaffen. Die Agrar-Subventionen insgesamt sollen und werden weiter sinken, neue Sonderbeihilfen sind nicht zu erwarten.

Das bedeutet für die Naturfaserwirtschaft, dass mögliche finanzielle Unterstützungen über andere Sektoren wie Arbeit, Umwelt oder Innovation gesucht werden müssen. Noch wichtiger könnte es sein, über indirekte ordnungspo-

litische Rahmenbedingungen Vorteile für die Branche zu erzielen. *Beachten Sie hierzu die Ausführungen in den Kapiteln 6.2 und 6.3 sowie Kapitel 7.*

Zweite Säule

Nicht unerwähnt bleiben soll die zweite Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik, die es ermöglicht, im Sinne der ländlichen Entwicklung, am besten im Kontext von Arbeitsplätzen und positiven Umwelteffekten, bestimmte Kulturen zu fördern. Während z.B. in Frankreich solche Ansätze für Flachs und Hanf bereits konkret diskutiert werden, ist dies in Deutschland noch nicht der Fall. Die folgenden Zitate zeigen aber, welche Bedeutung die Bundesregierung der zweiten Säule zukommen lässt – es sollte daher versucht werden, dies auch für die deutsche Naturfaserwirtschaft mit ihren positiven Effekten in Bezug auf ländliche Arbeitsplätze, regionale Wertschöpfung und positive Umwelteffekte *(siehe auch Kapitel 7)* zu nutzen.

> „Ein in meinen Augen unverzichtbares Instrument zur Entwicklung ländlicher Räume ist dabei die zweite Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik. Diese soll zum einen die Reformen der Gemeinsamen Agrarpolitik flankieren, zum anderen aber auch Wachstum und Beschäftigung in ländlichen Gebieten stärker voranbringen. Somit trägt die zweite Säule in entscheidendem Maß zur Umsetzung der überarbeiteten Lissabon-Strategie bei." (Seehofer 2007)

> „Nach der Neuausrichtung der Fördermaßnahmen der 2. Säule erhält die Agrarstrukturpolitik eine neue raumordnungspolitische Dimension über den Agrarbereich hinaus und eine stärkere Verantwortung für die regionale Entwicklung. Die Präsidentschaft wird deshalb das Thema nachhaltige Entwicklung und die Schaffung von Arbeitsplätzen durch Innovation und Steigerung der Wertschöpfung in ländlichen Räumen im Rahmen eines fachübergreifenden Dialogs stärker in den Fokus der öffentlichen Diskussion stellen.
>
> Sie wird dazu im Rahmen von Konferenzen eine breite Plattform für den Austausch von Informationen, Positionen und Aktivitäten auch mit anderen Mitgliedstaaten der Gemeinschaft bieten, um die bestehenden Konzepte und Instrumente für ländliche Räume weiterzuentwickeln. Ausgehend von den in 2007 stattfindenden nationalen Konferenzen zum ländlichen Raum wird die Präsidentschaft beim Informellen Treffen der Agrarminister Impulse für über den Agrarbereich hinausgehende Diskussionen auf europäischer Ebene geben. Hierbei soll insbesondere die junge Generation auf dem Lande eingebunden werden, für die die Entwicklung ländlicher Räume eine Zukunftsfrage ist." (Gemeinsame Agrarpolitik 2007)

6.1.3 THC-Richtwerte für Hanflebensmittel

Seit dem Jahr 2000 gelten in Deutschland Richtwerte für den maximalen THC-Gehalt in hanfhaltigen Lebensmitteln *(siehe auch Kapitel 5.2.3)*. Diese Richtwerte wurden vom BgVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Berlin) entwickelt, das im Jahr 2003 in das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin, übergegangen ist.

Zunächst soll die damalige Pressemitteilung zitiert und anschließend diskutiert werden.

„BgVV empfiehlt Richtwerte für THC (Tetrahydrocannabinol) in hanfhaltigen Lebensmitteln

Seit Hanf wieder als industrielle Nutzpflanze in der Form rauschmittelarmer Hanfsorten angebaut werden darf, werden Bestandteile der Hanfpflanze auch zunehmend zur Herstellung von Lebensmitteln eingesetzt. Die ständig anwachsende Produktpalette umfasst beispielsweise Hanfsamen und Hanfsamenöl sowie Back- und Teigwaren, Süßwaren, Wursterzeugnisse, Kräutertees, Limonaden und Biere, die unter Mitverwendung von Hanf hergestellt wurden. Für die gesundheitliche Beurteilung dieser Erzeugnisse ist nach Ansicht des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) vor allem der Gehalt an dem vielseitig wirkenden, rauscherzeugenden Delta-9-Tetrahydrocannabinol (THC) bzw. seiner Vorstufe Delta-9-Tetrahydrocannabinolcarbonsäure entscheidend.

Bereits in der Vergangenheit empfahl das BgVV (Pressedienst 26/97), dass die tägliche Aufnahmemenge von THC mit hanfhaltigen Lebensmitteln 1-2 µg pro kg Körpergewicht nicht überschreiten sollte. Nach Prüfung neuer Studien wurde diese Einschätzung bestätigt, so dass sie den nun vom BgVV erarbeiteten Vorschlägen für THC-Richtwerte in Lebensmitteln zugrunde liegt. Unter der Annahme, dass täglich verschiedene hanfhaltige Produkte in durchschnittlichen Verzehrsmengen konsumiert werden, wurden folgende THC-Richtwerte für Lebensmittel abgeleitet:

- 5 µg/kg für nicht alkoholische und alkoholische Getränke
- 5.000 µg/kg für Speiseöle
- 150 µg/kg für alle anderen Lebensmittel

Die genannten Werte beziehen sich auf die verzehrsfertigen Lebensmittel und gelten für Gesamt-THC unter Einbeziehung von Delta-9-Tetrahydrocannabinolcarbonsäure. Bei ihrer Einhaltung wird den Grundsätzen des vorsorgenden Verbraucherschutzes entsprochen und ist nach gegenwärtigem Stand der Kenntnis nicht mit dem Auftreten bedenklicher Wirkungen zu rechnen. Da die Dosisabhängigkeit einiger Wirkungen von THC aber noch nicht endgültig abgeklärt ist, sind die vorgeschlagenen Richtwerte nur als vorläufig aufzufassen. Sie sind zur Orientierung von Lebensmittelüberwachung und Herstellern gedacht.

Die vom BgVV vorgeschlagenen Richtwerte wurden in Beratungen der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln (SKLM) bestätigt. Dabei wurde zugleich Forschungsbedarf zu etlichen Fragestellungen aufgezeigt. So fehlen vor allem genauere Kenntnisse über die Dosis-Wirkungsbeziehung der psychomotorischen und endokrinen Wirkungen von THC unter oraler Verabreichung beim Menschen. Untersuchungen zur Einschränkung von psychomotorischen Fähigkeiten sind wegen der Bedeutung dieser Effekte für die Verkehrssicherheit und die Sicherheit am Arbeitsplatz besonders wichtig. Geprüft werden müssen in diesem Zusammenhang auch mögliche Interaktionen mit anderen Hanfinhaltsstoffen sowie mit Alkohol und/oder Medikamenten, die auf das Zentralnervensystem (ZNS) des Menschen wirken.

Eine beim BgVV angesiedelte Arbeitsgruppe befasst sich gegenwärtig mit der Entwicklung geeigneter standardisierter Analysenmethoden zur Bestimmung von Gesamt-THC in verschiedenen Lebensmitteln.

In Übereinstimmung mit seiner Kommission für kosmetische Erzeugnisse empfiehlt das BgVV darüber hinaus, dass für kosmetische Mittel nur Hanföl eingesetzt werden soll, das den genannten Richtwert für Speiseöle einhält."

(Quelle: BgVV 2000)

Überblick THC-Richtwerte und ihre Herleitung

Im Gegensatz zu den Richtwerten in der Schweiz, die sich als „Schutzwerte" verstehen, sind die BgVV/SKLM-Richtwerte „Vorsorgewerte".

Tabelle 39: THC-Richtwerte in der Schweiz und in Deutschland

Lebensmittel	Schweiz 96/98	Deutschland BgVV 2000
alkoholische Getränke	0,2 mg/kg	0,005 mg/kg
nichtalkoholische Getränke	0,2 mg/kg	0,005 mg/kg
Speiseöle	50 mg/kg	5 mg/kg
alle anderen Lebensmittel	2 – 20 mg/kg	0,15 mg/kg

Die folgenden Ausführungen zum Verständnis der Richtwerte stammen vom nova-Institut und wurden im Rahmen eines – letztendlich erfolglosen – Versuchs, einen Hanflebensmittel-Verband zu gründen, im Jahr 2000 erstellt.

1) Die minimale Wirkdosis pro Tag und Mensch wird mit 2,5 mg THC angesetzt. Diese Annahme ist im Einklang mit der medizinischen Forschung und auch der kleinsten üblichen Dosis bei medizinischen THC-Präparaten.

2) Mit einem Sicherheitsfaktor von 20 kommt man zur maximal zulässigen THC-Aufnahmemenge von 0,12 mg THC pro Tag und Mensch (bezogen auf einen 60 kg schweren Menschen sind dies 2 Mikrogramm pro kg und Tag).

3) Wäre ein „No-effect-level" bekannt, so würde ein Sicherheitsfaktor von 10 genügen. Da dieser nicht bekannt ist, wird ein Sicherheitsfaktor von 20 angenommen, ausgehend von der bekannten, minimalen Wirkdosis *(s. 1 und 2)*. Dieses Vorgehen ist auch bei anderen Stoffen üblich.

4) Die maximal zulässige THC-Aufnahmemenge von 0,12 mg THC pro Tag und Mensch muss nun auf die Lebensmittelgruppen Öl, Getränke und „alle anderen Lebensmittel" aufgeteilt werden. Für

Hanföl wird aus pragmatischen Gründen ein Richtwert von 5 mg/kg angesetzt und für Getränke – aufgrund der hohen Konsummengen – ein Richtwert von 0,005 mg/kg.

5) Damit verbleiben für „alle anderen Lebensmittel" 0,08 mg THC pro Tag und Mensch, was bei einer Verzehrmenge von 500 g/Tag zu einem THC-Richtwert von 0,16 mg/kg führt, der dann auf die genannten 0,15 mg/kg abgerundet wird.

6) Der Vorschlag einiger Experten und Unternehmen, für bestimmte Lebensmittel, die i.d.R. nur in kleinen Mengen konsumiert werden (Pralinen, Schokolade), einen höheren Richtwert anzusetzen, würde zu keiner sinnvollen Lösung führen. In diesem Fall würde der Richtwert für „alle andere Lebensmittel" noch weiter absinken, was für hanfhaltige Produkte wie Brot, Back- und Teigwaren problematisch wäre.

7) Auch eine Senkung des Richtwertes für Hanföl auf z.B. 1 mg/kg würde aufgrund der kleinen Verzehrmengen zu keiner relevanten Erhöhung des Richtwertes für „alle anderen Lebensmittel" führen.

8) Die genannten Richtwerte beziehen sich auf die verzehrsfertigen Lebensmittel und gelten für Gesamt-THC unter Einbeziehung von Delta-9-Tetrahydrocannabinolcarbonsäure.

   Während bei bisherigen Richtwerten nur vom Delta-9-THC ausgegangen wurde, verstehen BgVV und SKLM unter THC stets „Gesamt-THC", d.h. Delta-9-THC sowie seine inaktiven Carbonsäuren (die bei Erhitzung in aktives THC übergehen). Welche Folgen dies für die Praxis hat, ist aufgrund ungenügender Daten nur schwer abzuschätzen. In jedem Fall bedeutet es eine weitere Verschärfung, die den Erfahrungen nach zwischen dem Faktor 1 und 10 liegen kann.

9) Bis zum Sommer 2000 existieren amtliche (validierte) Methoden zur Bestimmung des Gesamt-THC in Lebensmitteln nur für Hanföl (Messgenauigkeit 2 mg/kg). Für „alle anderen Lebensmittel" werden in der Praxis Messgenauigkeiten bis zu 0,1 mg/kg angebo-

ten. Die sehr niedrigen Werte für Getränke benötigen noch neue Messverfahren, die bald vorliegen sollen.

10) Die Richtwerte werden, obwohl es keine verbindlichen Grenzwerte sind, bereits in der Praxis als maßgeblich für die Gewährung von Lebensmittel-Verkehrsfähigkeiten angewendet.

11) Nach anfänglichem Widerstand versuchen die Produzenten von Hanflebensmitteln nun, sich mit den neuen Richtwerten zu arrangieren. Es wurde allerdings der Vorschlag eingereicht, dass aufgrund der ungenügenden Datenlage ein Übergangs-Richtwert von 0,3 mg THC/kg für „alle anderen Lebensmittel" erlassen werden solle und gleichzeitig ein Forschungsvorhaben angeregt, das die tatsächlichen THC-Restwerte in Lebensmitteln systematisch erheben und Methoden zur THC-Reduzierung analysieren soll. BgVV/SKLM werden darüber im Herbst 2000 beraten.

12) Die neuen BgVV/SKLM-Richtwerte geben den Produzenten eine weitgehende Rechts- und Planungssicherheit. Zudem kann mit der Zusatz „... erfüllt die BgVV/SKLM-Richtwerte für Hanflebensmittel" auch im Marketing von Nutzen sein und Hanflebensmitteln u.U. die Türen zu größeren Abnehmern/Vertreibern öffnen.

13) Es wird erwartet, dass die meisten Produkte die genannten Richtwerte bei entsprechend sorgfältiger Produktion erfüllen können. Problematisch sind vermutlich lediglich Produkte mit einem hohen Anteil an Hanfsamen und natürlich Hanfsamen selbst. Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass die Richtwerte sich ausdrücklich nur auf „verzehrfertige Lebensmittel" beziehen.

14) Insgesamt zeigt sich, dass die für THC vorgeschlagenen THC-Richtwerte um eine bis zwei Zehnerpotenzen strenger ausgelegt sind, als die derzeitig zulässigen Restalkoholgehalte von Lebensmitteln und Getränken.

Erfahrungen aus der Praxis

Die BgVV-THC-Richtwerte haben sich laut Marktteilnehmern grundsätzlich bewährt. Auch wenn die Richtwerte ohne Frage streng sind, geben sie

den Produzenten eine weit gehende Rechts- und Planungssicherheit. Zudem hat sich bestätigt, dass praktisch alle Produkte bei entsprechend ausgelegter Produktion die Richtwerte einhalten können. Die Entwicklung und Vermarktung von Hanflebensmitteln wurde durch die Richtwerte weder erschwert oder behindert noch beflügelt: Die kleinen Hanflebensmittelunternehmen konnten ihr Marktvolumen halten bzw. moderat ausbauen. Andererseits haben die klaren rechtlichen Regelungen aber nicht dazu geführt, dass größere Unternehmen Hanflebensmittelprodukte entwickeln und anbieten. *(Siehe Kapitel 5.2.3)*

Diskussionen gab es unserer Kenntnis nach nur im Bereich der Hanftees, wo das verzehrsfertige Produkt erst beim Aufbrühen des Tees entsteht und dessen THC-Gehalt von der verwendeten Teemenge und der Zubereitungsmethode abhängt. *(Siehe Kapitel 5.3)*

Die meisten EU-Ländern haben bis heute keine entsprechenden THC-Richtwerte erlassen, zum Teil orientieren sie sich in Zweifelsfällen an den deutschen Richtwerten.

Zur Verwendung von Hanfstroh und -blättern als Tierfutter findet man weitere Informationen – auch zur rechtlichen Situation – in Kapitel 5.2.5.

6.2 Globale wirtschaftliche Rahmenbedingungen

In welchem Umfang Naturfasern und hierbei speziell Flachs und Hanf aus Europa alte Märkte zurückerobern und neue Märkte erschließen können, hängt von ihrer globalen Konkurrenzfähigkeit zu einer Vielzahl anderer Rohstoffe ab. Bei dieser Konkurrenz geht es vor allem um Preise, Verfügbarkeiten und Prozess-Integrierbarkeit.

Die in Kapitel 6.1 beschriebenen politischen Stützungen der Flachs- und Hanfwirtschaft haben den Sinn, die bislang fehlende Konkurrenzfähigkeit auszugleichen. Durch den starken Preisanstieg bei fast allen Rohstoffen in den letzten drei Jahren hat sich die Konkurrenzfähigkeit schon jetzt geändert und wird sich weiter verschieben – durchaus zum Vorteil für heimische Naturfasern.

Die folgende Tabelle zeigte die wichtigsten Konkurrenzrohstoffe nach Anwendungen.

Tabelle 40: Flachs und Hanf und ihre Konkurrenten in verschiedenen Anwendungen

Anwendung	Flachs / Hanf	Konkurrenzrohstoffe	Prozess-Integrierbarkeit
Bekleidungstextil industrie (Kapitel 4.7)	Fasern	Baumwolle	Gegeben, aber aufwändig und teuer
Technische Textilien	Fasern	Erdölbasierte Kunststoffe	Gegeben
Dämmstoffe (Kapitel 4.4)	Fasern	Glas- und Mineralfasern	Gegeben, aber Schulung des Handwerks erforderlich
Verbundwerkstoffe & Naturfaserverstärkte Kunststoffe (Kapitel 4.1 – 4.3))	Fasern	Erdölbasierte Kunststoffe, Glasfasern, Holzfasern und -mehl	Grundsätzlich gegeben, aber Know-how nur bei wenigen Firmen
Zellstoff & Papier (Kapitel 4.5)	Fasern	Holzfasern, Baumwolle (Spezialpapiere)	Einsatz nur in wenigen, speziellen Anlagen
Geo- und Agrartextilien (incl. Anzucht) (Kapitel 4.6 und 4.8)	Fasern	Erdölbasierte Kunststoffe, mineralische Rohstoffe	In den meisten Anwendungen gegeben
Tiereinstreu (Kapitel 5.1.2)	Schäben	Mineralische Rohstoffe und eine Vielzahl an Agrarrohstoffen (auch Sekundär-), z.B. Holzspäne und Stroh	Gegeben
Leichtbauplatten (Kapitel 5.1.2)	Schäben, Ganzpflanze	Holzwerkstoffe, Erdölbasierte Werkstoffe	Gegeben
Andere Baustoffe (Kapitel 5.1.2)	Schäben, Ganzpflanze	Holzwerkstoffe, mineralische Baustoffe, andere Agrarrohstoffe	Gegeben

Neben den in der Tabelle genannten Rohstoffen stehen einheimische Flachs- und Hanffasern in vielen Anwendungen auch in unmittelbarer Konkurrenz zu exotischen Naturfasern wie Sisal, Jute, Kenaf und Abaca *(siehe Kapitel 3.2)*.

Wichtigste Konkurrenzrohstoffe sind also:

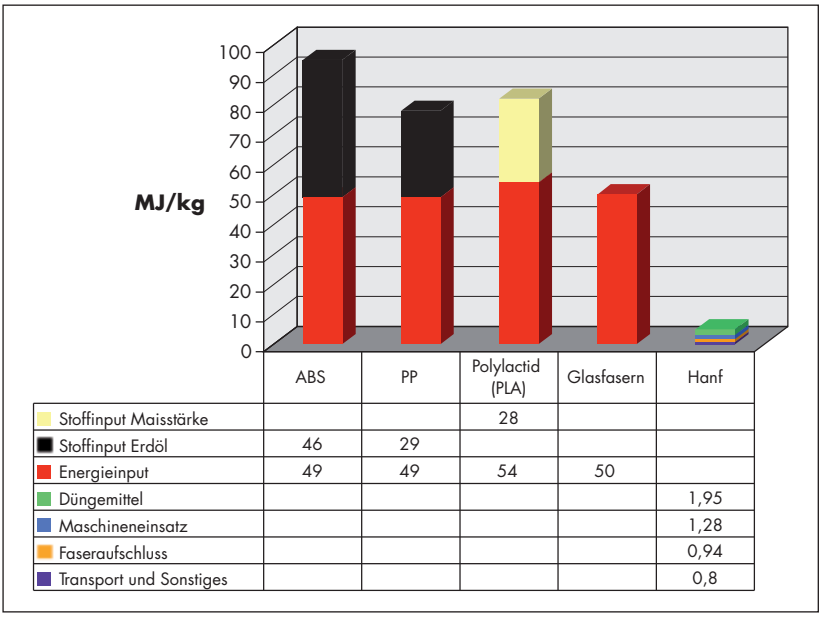
- Erdöl-basierte Werkstoffe (Kunststoffe) *(siehe Kapitel 6.2.1)*
- Holz *(siehe Kapitel 6.2.2)*
- Glas- und Mineralfasern *(2.2.3)*
- Baumwolle *(siehe Kapitel 4.7)*
- Andere Bast- und Blattfasern *(siehe Kapitel 3.2)*
- Anbau: Konkurrenz zu anderen Kulturen *(siehe Kapitel 6.2.3)*

Neben den Kunststoffpreisen sind vor allem die Preise von Glas- und Mineralfasern vom Energiepreis abhängig, wie Abbildung 74 sehr deutlich zeigt.

Naturfasern, hier am Beispiel vom Hanf, benötigen für Ihre Produktion erheblich weniger Energie als Glasfasern, Erdöl-basierte Kunststoffe oder auch Biokunststoffe (PLA). Bei steigenden Energiepreisen haben sie also die Chance, gegenüber den genannten Rohstoffen preislich attraktiver zu werden.

Technisch betrachtet könnten schon heute Naturfasern in vielen Anwendungen (Dämmstoffe, Verbundwerkstoffe) Glas- und Mineralfasern substituieren. Wären sie preislich attraktiver, würde dies sicher rasch in größerem Umfang geschehen.

Abbildung 74: Eingesetze Stoffe und kumulierter Energieaufwand bei der Herstellung (KEAh)



	ABS	PP	Polylactid (PLA)	Glasfasern	Hanf
Stoffinput Maisstärke			28		
Stoffinput Erdöl	46	29			
Energieinput	49	49	54	50	
Düngemittel					1,95
Maschineneinsatz					1,28
Faseraufschluss					0,94
Transport und Sonstiges					0,8

Quellen: Pless 2001, Bafa 2006, Reinhardt 2005, eigene Berechnungen nova-Institut

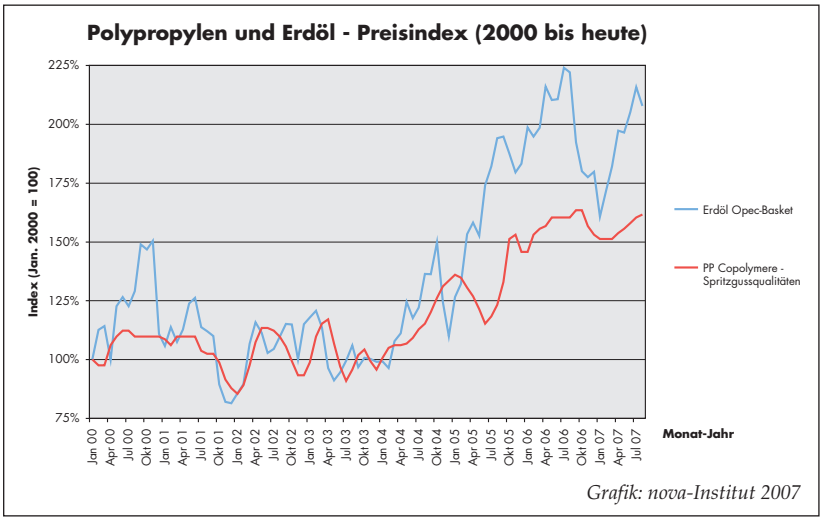
Eine detaillierte Darstellung des kumulierten Energieaufwands für Flachs- und Hanffasern findet sich in Kapitel 2.2.3.

6.2.1 Konkurrenzsituation zu Erdöl-basierten Werkstoffen

Der Erdölpreis ist für die Preisentwicklung der als Konkurrenten für Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK, *siehe Kapitel 4.1 – 4.3)*) bedeutenden Kunststoffe wie z.B. Polypropylen (PP), Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS) und Polycarbonat (PC) von langfristig prägender Bedeutung. Diese Kunststoffe sind entweder vollständig (PP) oder größtenteils (ABS, PC) materiell aus Erdöl erzeugt und verbrauchen erhebliche Mengen Prozessenergie für ihre Produktion, welche großteils ebenfalls aus Erdöl und Erdgas gewonnen wird *(siehe Abbildung 74).*

Es ist daher nicht verwunderlich – wenn im Detail auch erheblich komplexer, dass sich die Preise von Erdöl und den wichtigsten Kunststoffen weitgehend parallel entwickelten, wie die folgende Abbildung 75 zeigt:

Abbildung 75: Preisabhängigkeit des Polypropylens (PP) vom Erdöl



Quelle: Kunststoff Information 2007

Es sind für die Kunststoffproduktion bereits alternative Produktionsketten auf Basis von Erdgas, Kohle und sogar Biomasse bekannt, die bei hohen Erdölpreisen wohl die Neuinvestitionen der Chemieindustrie mitbestimmen – doch die bestehenden Produktionskapazitäten können nicht

binnen weniger Jahre abgelöst werden, so dass der Erdölpreis mit Sicherheit auch noch in 15 Jahren die Kunststoffpreise ähnlich beeinflussen wird wie heute.

Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, wie der Polypropylen-Preis stets dem Erdölpreis gefolgt ist *(vgl. Abb. 75)*. Rund 2/3 des Preisanstiegs bei PP lassen sich direkt durch die Erdölpreisentwicklung begründen, etwa 1/3 war durch eine stark gestiegene Nachfrage bedingt. Zudem gab es vorübergehende Einflüsse auf den Preis durch zeitweise eingeschränkte Produktionskapazitäten. Komplexere, teurere Kunststoffe als PP sind kurzfristig weniger vom Erdölpreis beeinflusst und zeigen bei ähnlichen absoluten Preissteigerungen (in €/Tonne) eine schwächeren prozentuale Preissteigerung als Reaktion auf verteuertes Erdöl.

Insgesamt lässt sich daraus ein potenzieller Wettbewerbsvorteil für NFK ableiten: Je höher der Ölpreis steigt, desto ungünstiger entwickeln sich die Preise reiner Kunststoffwerkstoffe. Dies gilt auch für Energie-intensive Glasfaserverbundwerkstoffe wie PP-GF und trifft Standard-Thermoplaste (PP, PE) prozentual am härtesten. Naturfasern können hier bis zu 60 % der Kunststoffe und bis zu 100 % der Glasfasern ersetzen.

Dieser Vorteil für NFK kann bereits dann greifen, wenn langfristige Materialentscheidungen unter der Annahme von zukünftig hohen Erdölpreisen getroffen werden. Die besonders mit NFK vertraute Automobilindustrie bietet sich hier erneut als Abnehmer an, denn lange Entwicklungszeiten und noch längere Produktionsserien führen dazu, dass selbst Preiserwartungen für 15 Jahre in die Zukunft für ihre Entscheidungen relevant sind.

Auch mineralisch oder mit Holzmehl gefüllte Verbundwerkstoffe (PP-Talkum oder WPC) haben den Vorteil einer wesentlichen, vom Erdölpreis weitgehend unabhängigen Komponente. Ihre technischen Eigenschaften können sich jedoch nur teilweise mit denen von Naturfaserverstärkten Kunststoffen messen.

Biokunststoffe sind bis heute relativ teuer und in ihren mechanischen Eigenschaften begrenzt. Durch eine Kombination mit Naturfasern können ihre Preise gesenkt und ihre mechanischen Eigenschaften verbessert werden *(siehe Kapitel 4.3.2)*.

Ökonomische Analysen scheinen zu zeigen, dass Kunststoffe und Naturfasern bereits heute in einem Substitutionsverhältnis zueinander stehen und ihre Preise schon heute gekoppelt sind, siehe folgende Abbildung 76:

Abbildung 76: Preisentwicklung von Polypropylen und Jutefasern

Quelle: Rapsomanikis 2007

Insgesamt kommt Rapsomanikis 2007, der sicherlich eine mathematisch korrekte und belastbare Analyse durchgeführt hat, zu folgendem Ergebnis:

Tabelle 41: Ergebnisse der ökonomischen Analyse in Bezug auf das sog. „Co-Movement" (Mitlaufen, Ankoppeln) für ausgewählte Rohstoffe

	PP – Erdöl	Sisalfasern – PP	Jutefasern – PP
„Co-Movement" (Kopplung)	Ja	Ja	Ja
Kausalität	Von Erdöl zu PP, aber nicht anders herum	Von PP zu Sisal, aber nicht anders herum	Von PP zu Jute, aber nicht anders herum
Geschwindigkeit der Anpassung an ein neues Gleichgewichtsniveau	20 % pro Monat bzw. 5 Monate	9 % pro Monat bzw. 10 Monate	15 % pro Monat bzw. 7 Monate

Quelle: Rapsomanikis 2007

Dennoch sollte man aus unserer Sicht mit (vor-)schnellen Schlüssen vorsichtig sein. Es könnte auch sein, dass beide Preissteigerungen (Kunststoffe, Naturfasern) sich nicht gegenseitig beeinflussen, sondern eine gemeinsame Ursache haben, wie z.B. eine rasant steigende Nachfrage aus Asien.

Was würde es aber bedeuten, wenn die Analyse stimmt? Dann hätten wir bereits heute folgende Situation: Sobald eine relevante Substitution erfolgt, koppeln die Preise der alten und neuen Rohstoffe aneinander an. Bei weiter steigenden Erdöl- und PP-Preisen bekommen die Naturfaser-Produzenten mehr Luft, um in der Flächenkonkurrenz zu anderen Kulturen höhere Deckungsbeiträge bieten zu können, um die Verarbeitungstechnologie/Faseraufschluss zu optimieren *(siehe Kapitel 2.4)* und um neue Anwendungsfelder technisch zu entwickeln.

Es ist nicht sicher, dass diese Ankopplung bereits erfolgt ist. Es ist allerdings zu erwarten, dass eine solche Ankopplung ab einem bestimmten Preisniveau tatsächlich erfolgt. Für Zucker und Stärke sind solche Niveaus bereits bekannt, für Naturfasern muss sich noch zeigen, wo diese tatsächlich liegen.

Wie wird sich der Erdölpreis weiter entwickeln?

Es ist hier sicher nicht der richtige Ort, um umfassend die verschiedenen Szenarien zur zukünftigen Erdöl-Preisentwicklung zu diskutieren.Diese unterschiedlichen Szenarien bzw. Prognosen für die nächsten 20 Jahre reichen von einem Rückgang der Rohölpreise auf ca. 40 $/barrel bis hin zu einem Anstieg auf 100 bis 200 $/barrel. Die Folgen wären höchst unterschiedlich. Bei einem Preis von 40 $/barrel würde sich die Situation allgemein entspannen und die Nachfrage nach Agrarrohstoffen zur energetischen und stofflichen Nutzung würde wieder sinken. Bei einem dauerhaften Anstieg auf 100 $/barrel würde sich das gesamte Energie- und Rohstoffsystem der Erde grundlegend verändern. Solarstrom würde mehr und mehr konkurrenzfähig und würde mit extremen Steigerungsraten wachsen, solarbetriebene Elektroautos würden den Benzin- und Diesel-Fahrzeugen den Rang ablaufen. Die Nachfrage nach Agrarrohstoffen würde so groß, dass es zu echten Flächenengpässen käme. Zwischen den genannten Werten liegen – im wörtlichen Sinne – Welten!

Hierüber besteht Einigkeit, ebenso wie über die zahlreichen Einflussfakoren, die den Ölpreis bestimmen:

- Nachfrage – auf absehbare Zeit wachsend. Insbesondere durch Länder wie China und Indien.

- Angebot – niemand kann wirklich belastbare Angaben hierzu machen, Tatsachen: Neufunde gehen seit Jahren zurück, etliche Felder haben ihre maximalen täglichen Fördermengen überschritten und zeigen bereits sinkende Fördermengen, einige Förderstätten, wie z.B. Ölsände, haben erheblich höhere Förderkosten als heute üblich.

- Immer geringere Lagermengen in den Industrieländern.

- Raffinerie-Kapazitäten: Hier gibt es bereits erhebliche Engpässe. Experten schätzen, dass in den nächsten zehn Jahren Investitionen in Höhe von 500 Mrd. $ notwendig sein werden.

- Wirtschaftspolitische und wetterbedingte Instabilitäten und Erwartungen in eine Steigerung der Ölpreise treiben ebenfalls den Ölpreis in ganz erheblicher Weise.

- Während der Endredaktion dieses Buches (Oktober 2007) stieg der Ölpreis auf ein Allzeit-Hoch von über 85 $/barrel, bei gleichzeitig geringen Einlagerungen in den USA. Selbst das Hochfahren der Produktion in Saudi Arabien konnte den neuen Höchststand nicht verhindern..

In Bezug auf die zukünftigen Ölpreise ist es weniger relevant, die Frage nach den Reichweiten der Erdöl-Vorräte zu stellen. Wichtiger ist die Frage: Wann kommt der Punkt, an dem die wachsende Nachfrage nicht mehr durch eine Mehrproduktion gedeckt werden kann – unabhängig davon, ob dies Folge fehlender Vorräte, fehlender Raffinerie-Kapazitäten oder Verfügbarkeiten infolge von Kriegen ist.

Vertreter der Peak-Oil-These sehen diesen Punkt bereits in zehn bis fünfzehn Jahren kommen, dann sei die tägliche Fördermenge aufgrund der sinkenden maximalen Fördermenge der meisten Erdölfelder nicht mehr zu steigern und gleichzeitig wachse aber die Nachfrage unverändert weiter. Andere sehen diesen Punkt erst in 50 bis 100 Jahren kommen.

Mit etwas Distanz betrachtet, liegen die Prognosen nicht weit auseinander. Wir sind an einem Wendepunkt der Geschichte angekommen, wir sind mitten in einer Energie- und Rohstoffwende, in der dritten industriellen Revolution, wo Energieeffizienz und erneuerbare Energien und Roh-

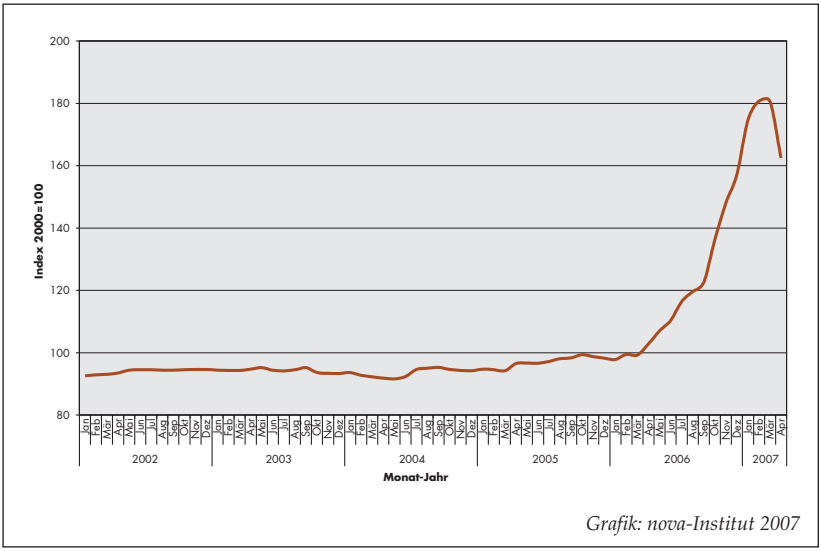
stoffe die Schlüsselrolle für das Überleben der Industriegesellschaft bedeuten – unabhängig davon, ob die Dynamik in zehn Jahren oder erst in 50 Jahren ihren Höhepunkt finden wird.

> „Wir sind mitten in einer dritten Industriellen Revolution. Dabei werden wir nicht ins Mittelalter zurückgeworfen. Mit Verhaltensänderung, höherer Energieeffizienz und erneuerbaren Energien kann diese Herausforderung bewältigt werden. ...
>
> Ich spreche nicht von Verzicht, weil es letztlich um einen Gewinn an Lebensqualität geht. Klar ist aber auch: Der westliche Lebensstil, unser Wohlstandsmodell, ist nicht weltweit exportfähig. Eine Veränderung unseres Lebensstils, unserer Konsumgewohnheiten ist unerlässlich." (Töpfer 2007)

6.2.2 Konkurrenzsituation zu Holzwerkstoffen

Der Rohstoff Holz ist in den letzten fünf Jahren in einigen Sortierungen deutlich teurer geworden. Hauptursache ist die steigende Nachfrage aus dem Bioenergiebereich; vor allem ist der steigende Bedarf der Pellet-Heizungen zu spüren *(Abbildung 77)*.

Abbildung 77: Entwicklung der Holz-Pelletpreise in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt Wiesbaden 2007

Auch wenn der rasante Preisanstieg der Pellets von zahlreichen Einflüssen bestimmt wird (vor allem die schnell wachsende Nachfrage, aber anfänglich auch ungenügende Produktionskapazitäten), so zeigt sich, dass in diesem Segment deutlich höhere Margen an die Lieferanten des Rohstoffes Holz weitergegeben werden können.

Besonders die Holzwerkstoffindustrie leidet unter diesen steigenden Holzpreisen, welche vor allem die minderen Qualitäten (Industrieholz und Sägerestholz) betrifft. Zudem kann sie die Preissteigerungen nur begrenzt an die Kunden, vor allem Möbel-, Bau- und Verpackungsmittelindustrie, weitergeben.

Von forstwirtschaftlicher Seite wird zum Teil von „endlich fairen" Preisen gesprochen: Lange Zeit lag der Holzpreis so niedrig, dass sich eine Verwertung von Restholz aus Wäldern nicht gelohnt hat. Das hat sich nun nachhaltig geändert und es wird nicht erwartet, dass es in absehbarer Zeit zu einer Entspannung auf den Holzmärkten kommen wird.

Die steigenden Holzpreise lassen neue Optionen für die Landwirtschaft aufkommen, die noch vor wenigen Jahren undenkbar waren. So war es nie möglich gewesen, typische Produkte der Holzwerkstoffindustrie wie Spanplatten oder Leichtbauplatten aus einem anderen Rohstoff als Holz zu produzieren. Das könnte sich nun ändern. Schnellwachsende Pflanzen wie Hanf oder Miscanthus könnten schon in wenigen Jahren technisch und ökonomisch eine Alternative zu Holz werden - gerade bei Leichtbauplatten *(siehe Kapitel 5.1.2.2)*. Ähnliches könnte zukünftig auch für die Branchen Zellstoff & Papier *(Kapitel 4.5)* sowie Tiereinstreu *(Kapitel 5.1.2.1)* und die Pellets als Festbrennstoff *(Kapitel 5.1.3.2)* gelten, die auf ähnliche Qualitäten angewiesen sind.

6.2.3 Konkurrenzsituation zu anderen Agrarkulturen

Ob Flachs- und Hanffasern und Schäben aus EU-Produktion in ausreichender Menge und zu einem wettbewerbsfähigen Preis zur Verfügung stehen werden, hängt u.a. auch von der Konkurrenzsituation zu anderen Kulturen ab, die an denselben Standorten genutzt werden können.

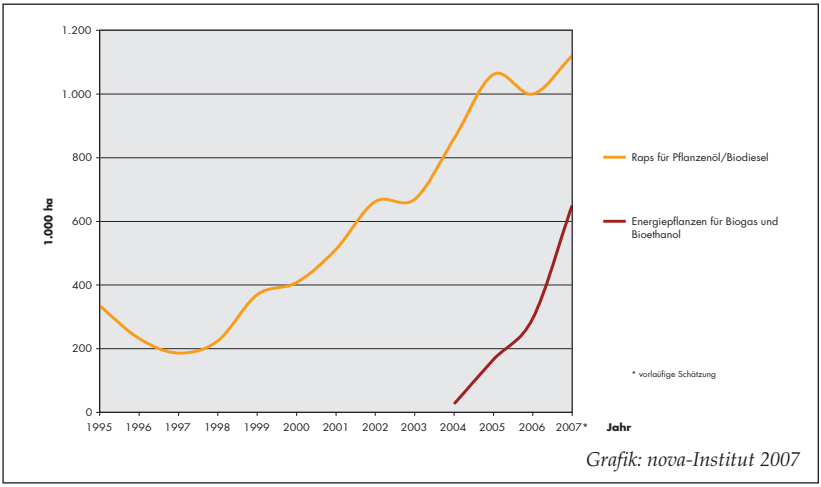
Sind durch Flachs und Hanf im Vergleich zu anderen Kulturen zu niedrige Deckungsbeiträge zu erzielen, so werden die Anbauflächen zurück gehen. Ob attraktive Deckungsbeiträge erzielt werden können, hängt natürlich auch davon ab, zu welchem Preis das Stroh, bzw. die Faser und

Schäben am Markt abgesetzt werden können *(siehe hierzu auch Kapitel 2.1 und 2.2)*.

In diesem Kontext sind viele Szenarien möglich, einige zeigen eine deutliche Zunahme der Anbauflächen, andere einen Rückgang. Aktuell stellt sich in Deutschland und anderen EU-Ländern ganz konkret die Frage: Kann man als Flachs- oder Hanfstroh-Verarbeiter seinen Landwirten genug für das Stroh bezahlen, so dass diese weiterhin anbauen, und gleichzeitig die Kosten für die Produktion von Fasern und Schäben klein genug halten, um mit anderen Agrarrohstoffen konkurrieren zu können?

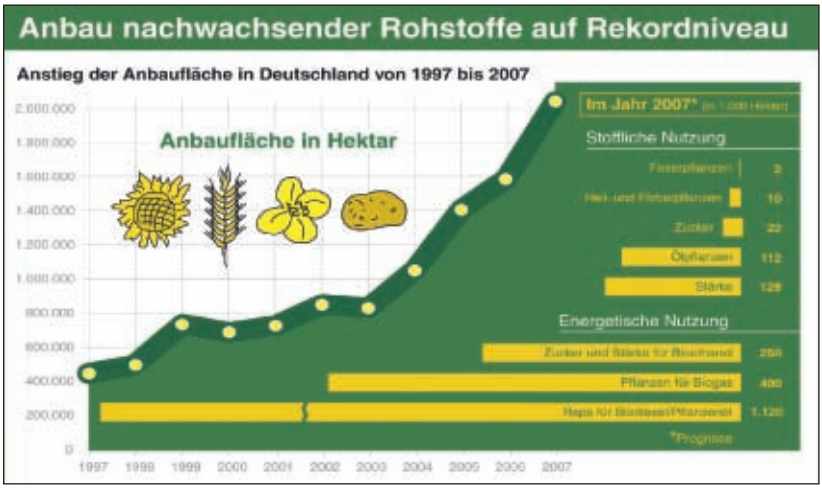
In den letzten fünf Jahren hat sich in Bezug auf die Konkurrenzfähigkeit verschiedener Kulturen eine sehr dynamische Entwicklung ergeben, die sich auch schon massiv in den Anbauflächen zeigt. Über die letzten zehn Jahre hat sich der Rapsanbau zu einer attraktiven Kultur entwickelt, die sowohl im Lebensmittel- wie im Biokraftstoffbereich erhebliche Nachfrage erfuhr. Seit 2004 hat sich in Deutschland Energiemais für Biogasanlagen nach Änderungen beim Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) zu einer der lukrativsten Kulturen entwickelt und seine Flächen entsprechend ausgedehnt *(siehe Abbildungen 78 und 79)* – auf Kosten anderer Kulturen.

Abbildung 78: Deutsche Anbauflächen für Raps und Energiepflanzen als nachwachsende Rohstoffe



Quelle: FNR 2007

Abbildung 79: Nachwachsende Rohstoffe in Deutschland 1997 bis 2007: Energie macht den Löwenanteil aus



Quelle: FNR 2007

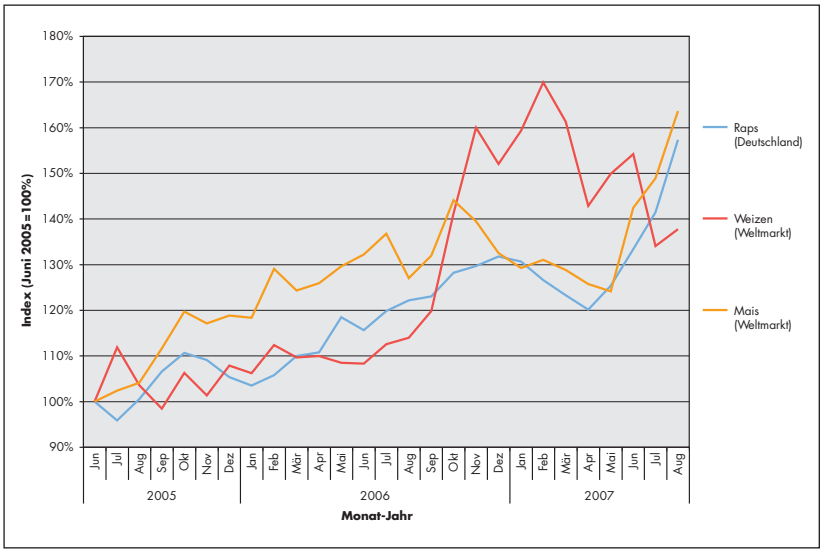
Weizen und in anderen Ländern Mais als Stärkelieferanten für Bioethanol und biotechnologische Anlagen zeigen aktuell auch bereits erhebliche Preissteigerungen. Auf den Weltmärkten zeigt vor allem Mais und Weizen seit Sommer 2006 extreme Preissteigerungen *(siehe Abbildung 80)*.

Aktuell haben Flachs und Hanf in Konkurrenz zu den genannten Erfolgs-Kulturen das Nachsehen *(vgl. Kapitel 2.1)*. Auch wenn die globalen Naturfaserpreise aktuell steigen *(Kapitel 3.2)*, werden Flachs und Hanf ihr Preisniveau nur moderat anpassen können.

In jedem Fall gilt, dass allein schon über die begrenzte Fläche und die Bedeutung der Deckungsbeiträge die verschiedenen Agrarrohstoffe aneinander gekoppelt sind und die Preise und Verfügbarkeiten über komplexe Marktzusammenhänge zustande kommen.

Bisher standen Flachs und Hanf vor allem auf Stilllegungsflächen mit anderen Nachwachsenden Rohstoffen in Konkurrenz. Mit einer erwarteten Abschaffung der obligatorischen Flächenstilllegung in der EU müssen Flachs und Hanf wie alle anderen Nachwachsenden Rohstoffe unmittelbar mit der Lebensmittelproduktion konkurrieren. Hier zeigten sich im Jahr 2007 starke Preisanstiege.

Abbildung 80: Globale Preisentwicklung für Rapsöl und Mais und Weizen



Quellen: UFOP 2007, Weltbank 2006 und 2007

Vor diesem Hintergrund ist es nicht möglich, detaillierte und belastbare Aussagen über die zukünftige Konkurrenzfähigkeit von Flachs und Hanf gegenüber anderen Kulturen zu machen. Wahrscheinlich werden in den nächsten zehn Jahren noch Stützungsmaßnahmen wie die Verarbeitungsbeihilfe erforderlich sein. Mittel- bis langfristig, wenn sich die neuen Anwendungen mehr und mehr etabliert haben und andere Naturfasern weiter steigende Preise zeigen, könnten Flachs und Hanf durchaus wieder zu konkurrenzfähigen Rohstoffen werden.

Wichtig ist aber vor allem, dass Flachs und Hanf in der Förderung mit energetisch genutzten Kulturen gleich gestellt werden *(siehe Kapitel 7)*.

6.3 Unterstützende Maßnahmen zur schnelleren Etablierung von Produkten aus Flachs und Hanf („Rohstoffwende“)

Geeignete ordnungspolitische Rahmenbedingungen könnten den „Grünen“- oder „Bio-Werkstoffen“ zu einem erheblichen Wachstum verhelfen. Zu nennen sind hier vor allem forcierte Maßnahmen zur Reduzierung von CO_2-Emissionen durch eine geeignete Werkstoffauswahl. In diesem Bereich können besonders Naturfasern punkten, deren Herstellung um mindestens den Faktor zehn weniger Energie-intensiv ist als die von Glasfasern *(siehe Kapitel 2.2.3)*. Zudem wird in diesen Werkstoffen CO_2 – meist für mehrere Jahre – gespeichert.

Zu den Wachstumsmöglichkeiten des NFK-Marktes *(Kapitel 4.1 – 4.3)* bemerkt Müssig et al. 2006b im Rahmen der méo-Marktanalyse Teil 1:

„Ein Ausbau des NFK-Marktes ist eng verknüpft mit Verbesserungen bezüglich folgender Rahmenbedingungen:

- Kreislaufwirtschaftsgesetz,
- Abfallverordnung,
- Altfahrzeuggesetz,
- EU-Elektro- und Elektronikentsorgungsverordnung.

Die Entwicklungszahlen für Faserpflanzen aus heimischem Anbau sind vor dem Hintergrund einer moderaten und zurückhaltenden Förderpolitik und Gesetzgebung zu sehen. Sollten die Rahmenbedingungen, wie in anderen Nawaro-Bereichen, für diese Werkstoffe positiv gestaltet werden, sind deutlich höhere Wachstumsraten zu erwarten. In diesem Zusammenhang ist vor allem die Altautorichtlinie zu nennen. Die gesamte Wertschöpfungskette wird im Augenblick durch die Grand-Culture-Beihilfe (gilt für alle relevanten Kulturpflanzen in der EU) und durch die Verarbeitungsbeihilfe (0,09 €/kg produzierte Naturfaser) finanziert. Für NFK-Werkstoffe aus in Europa angebauten Hanf- und Flachsfasern macht diese Unterstützung ca. 5 % aus. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Werkstoffpreis sich mit 20 bis 50 % in Endproduktpreis niederschlägt und sich die anteiligen Subventionen im Produkt weiter zu reduzieren. Die Marktteilnehmer sehen zurzeit insbesondere den Bedarf an verbesserten Rahmenbedingungen und nicht in der Erhöhung der Subventionsquote.“ (Müssig et al. 2006b)

Auf die große Bedeutung geeigneter Rahmenbedingungen verweisen auch Karus et al. 2006a, deren Text die Grundlage für die folgenden Absätze ist (zum Teil wurden Aktualisierungen vorgenommen): Die Einführung neuer Werkstoffe bedarf stets besonderer Anstrengungen und Mühen und erfordert einen langen Atem. Denn man tritt unweigerlich in Konkurrenz

zu etablierten Werkstoffen meist großer Unternehmen, die seit etlichen Jahren oder Jahrzehnten eingesetzt werden und entsprechend auf die Bedürfnisse der Kunden zugeschnitten sind. Die Erfahrung mit und das Vertrauen in diese etablierten Werkstoffe stellen eine große Barriere für neue Werkstoffe dar, die sich erst noch beweisen müssen.

Für die Entwicklung neuer Verbundwerkstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe und speziell naturfaserverstärkter Kunststoffe wurden in Europa und vor allem in Deutschland hervorragende Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung geschaffen, sowohl strukturell als auch finanziell.

Seit Anfang der 1980er Jahren hat insbesondere das Bundeslandwirtschaftsministerium (heute: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) eine Vielzahl von Projekten initiiert und gefördert. Eine wichtige Rolle spielte hierbei die 1993 gegründete Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).

Markteinführung

Oft erweist sich die Markteinführung neuer Werkstoffe als größere Hürde als die eigentliche Forschung und Entwicklung. Den Forschungseinrichtungen fehlt oft die Praxis im Transfer zur Industrie und den meist kleinen Unternehmen der lange Atem – eine Markteinführung kann durchaus zehn Jahre dauern, wie man am Beispiel der Naturfaser-Formpressteile sehen konnte. So lange können viele Unternehmen aber nicht warten, bis endlich Geld mit den neuen Entwicklungen verdient werden kann.

Hinzu kommt, dass man zwar in der Regel mit guten Ideen und Kompetenz finanzielle Mittel für Forschung und Entwicklung bekommt, nicht aber für die aufwändige Markteinführung. Hier gilt es, Kontakte zu knüpfen, auf Wunsch der Kunden viele spezielle Rezepturen zu erstellen, die Kunden zu bemustern, den Kunden beim Einsatz der Materialien zur Seite zu stehen und parallel in Produktionsanlagen zu investieren.

Neue Werkstoffe verlangen dabei sehr viel mehr Beratung und Betreuung als z.B. der Verkauf von Strom und Wärme aus Biomasse. Oft müssen Produktionsprozesse und Werkzeuge angepasst werden. Wie kann man Unternehmen davon überzeugen, wenn gleichzeitig die Erfahrungen mit dem Werkstoff noch gering sind?

So müssen gute technische Eigenschaften, günstige Produktionskosten und Umweltvorteile schon zusammen kommen, damit die neuen Naturfaser-Werkstoffe ihre Chance erhalten.

Unterstützende Rahmenbedingungen

Geeignete politische und wirtschaftliche Rahmen können den Prozess der Markteinführung deutlich unterstützen und beschleunigen. Drei mögliche Ansatzpunkte sollen hier beispielhaft genannt werden.

Steuererleichterungen

Bei der Markteinführung von Bio-Diesel und Bio-Ethanol haben sich Steuererleichterungen als ein sehr effizientes Mittel erwiesen. Entsprechende Maßnahmen sind bei der Einführung neuer Werkstoffe aber nur schwer vorstellbar. Neue Bio-Werkstoffe wie NFK können in unzähligen Anwendungen, oft nicht einmal gekennzeichnet bzw. sichtbar, am Markt auftauchen. Theoretisch könnte man auf Produkte mit einem gewissen NaWaRo-Anteil eine reduzierte Umsatzsteuer erlauben – nur auch dies wäre in der Praxis kaum zu handhaben.

Aber genau dies haben im Juli 2007 Frankreich und Großbritannien vorgeschlagen („Steuerrabatt für klimaschonende Güter gefordert – London und Paris werben für reduzierte Umsetzsteuer"). Nach einem gemeinsamen Vorschlag des britischen Ministerpräsidenten Gordon Brown und Frankreichs Präsidenten Nicolas Sarkozy soll für umweltfreundliche Produkte künftig EU-weit ein geringerer Mehrwertsteuersatz gelten. Der Vorschlag soll ein Beitrag sein zum Kampf der EU gegen den Klimawandel und könnte beispielsweise „Dämmmaterialien, umweltfreundliche Fahrzeuge und Kühlschränke" betreffen (FTD 2007-07-23) – oder auch Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen, möchte man ergänzen.

> „Die Initiative werde ein wichtiges Signal setzen und die Menschen dazu ermutigen, mehr Verantwortung für die Umwelt zu übernehmen, sagte Brown. Neue Marktmechanismen könnten wirkungsvolle Anreize liefern, damit Menschen auf weniger umweltschädliche Produkte umsteigen. Der für Steuerfragen zuständige EU-Kommissar Laszlo Kovacs begrüßte den Vorschlag, verwies aber darauf, dass alle 27 Mitgliedsstaaten zustimmen müssten. EU-Handelskommissar hatte zuvor angeregt, europaweit alle Zölle auf umwelttechnische Produkte abzuschaffen. Dieser Vorschlag ließe sich möglicherweise mit dem Vorstoß von Brown und Sarkozy verbinden." (FTD 2007-07-23)

Markteinführungsprogramme

Bei biogenen Treib- und Schmierstoffen sowie Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen *(siehe Kapitel 4.4.3)* laufen aktuell Markteinführungsprogramme, die den Endanwendern Information und finanzielle Unterstützung zukommen lassen. Die Wirkung der Programme wird als erfolgreich eingestuft. Ähnliche Programme wären auch für natur-

faserverstärkte Kunststoffe (NFK) denkbar und sollten entwickelt werden.

Normung und Verordnungen

Für neue Werkstoffe müssen zum Teil neue Normen entwickelt werden und die Werkstoffe müssen in bestehende Normensysteme integriert werden. Dies ist inzwischen in ersten Ansätzen geschehen.

Zahlreiche Verordnungen und Gesetze haben heute erheblichen Einfluss auf den Erfolg eines Werkstoffes, wie z.B. die Abfall- und Verpackungsverordnung, das Kreislaufwirtschaftsgesetz, die EU-Altfahrzeug-Richtlinie bzw. das deutsche Altfahrzeug-Gesetz und die Elektro- und Elektronik-Altgeräteverordnung. In den genannten Verordnungen und Gesetzen sind NFK bislang nur ungenügend berücksichtigt. In vielen Fällen ist es schon als positiv zu bewerten, wenn NFK-Werkstoffe nicht – einfach durch Übersehen ihrer speziellen Eigenschaften – benachteiligt werden.

An dieser Stelle sind Bio-Kunststoffe aufgrund intensiver Informations- und Lobby-Politik schon weiter. Bei NFK gibt es hier noch viel zu tun.

Beim deutschen Altfahrzeug-Gesetz ist es durch die Anerkennung von Vergasungs-Verfahren als rohstoffliche Verwertung der Schredderleichtfraktion gelungen, zumindest Nachteile für NFK zu überwinden und sogar kleine Vorteile gegenüber glasfaserverstärkten Kunststoffen zu generieren. Die Vergasung von Glasfasern trägt im Gegensatz zu Naturfasern nicht zum Synthesegas bei, sondern führt sogar noch zur unerwünschten Schlackebildung.

Sollte der Einsatz von NFK – allein schon wegen ihrer ökologischen Vorteile – durch entsprechende Verordnungen und Gesetze künftig aktiv unterstützt werden, so ist bei ihren günstigen technischen und preislichen Eigenschaften mit einem großen Markterfolg zu rechnen.

Tabelle 42: Subventionen bei naturfaserverstärkten Kunststoffen am Beispiel von PP-NF-Spritzgießen

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

Quelle: Karus et al. 2006a

Die Tabelle zeigt das aktuell geringe Subventionsniveau auf der Ebene der NFK-Produkte, das erheblich unter den Förderungen von Biokraftstoffen durch Steuerbefreiung bzw. Absenkung liegt. Sollten, wie hier vorgeschlagen, Förderungen auf Werkstoff- bzw. Produktebene realisiert werden können, so wären diese erheblich effizienter als die Förderung von der Agrarseite her.

Wichtigstes Argument für eine solche Förderung wären die erheblich geringeren CO_2-Emissionen durch den Einsatz von NaWaRo-Werkstoffen im Vergleich zu konventionellen Werkstoffen sowohl in der Produktionsphase als auch in der Nutzungsphase im mobilen Einsatz, da sich NaWaRo-Werkstoffe oft sehr gut für den Leichtbau eignen. *(siehe Kapitel 7.2)*

Exkurs Altauto-Gesetz: Entwarnung, keine Nachteile für Leichtbau und nachwachsende Rohstoffe – aber auch noch keine Vorteile

Am 5. Dezember 2001 verabschiedete die Bundesregierung den Entwurf des „Gesetzes über die Entsorgung von Altfahrzeugen (Altfahrzeug-Gesetz – AltfahrzeugG)“ und eine erläuternde Begründung zum Entwurf. Das Gesetz dient der nationalen Umsetzung der Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge (ABl. EG Nr. L 269 S. 34) und muss nun noch den Bundesrat passieren.

Die zunächst geäußerte Befürchtung, dass durch die in der EU-Richtlinie festgelegten Quoten für die stoffliche Verwertung der Leichtbau und die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen behindert würden, hat sich damals nicht bestätigt. Die unter diesem Blickwinkel wichtigsten Fakten erläuterte Dr. Axel Kopp vom Bundesumweltministerium (BMU) auf der EUROFORUM-Fachkonferenz in München am 02. Dezember 2001: Die in der EU-Richtlinie angegebenen Quoten müssen nicht von einem einzelnen Automodell eingehalten werden, sondern sie stellen eine Gemeinschaftaufgabe aller Wirtschaftsbeteiligten dar. Zusätzlich wird die Kontrolle der Verwertungsquoten deutlich vereinfacht. Die nationalen Umsetzungen in anderen EU-Ländern sind dabei in aller Regel nicht strenger als die deutsche Umsetzung.

Details finden sich im Entwurf und der Begründung zum Entwurf *(s.u.)*.

Dies bedeutet de facto: Leichte Fahrzeuge und Fahrzeuge mit hohen Anteilen an nachwachsenden Rohstoffen erfahren kein Problem mehr bei der Einhaltung der stofflichen Verwertungsquote, da die Quote nicht mehr für das einzelne Fahrzeugmodell gilt, sondern „auf das durchschnittliche

Fahrzeuggewicht aller pro Jahr überlassener Altfahrzeuge“ bezogen wird.

Gesetzesentwurf und Begründung findet man unter „www.bmu.de“ → Pressemitteilungen → „ab 01.01.2001“ / „05.12.2001“. Dort kann man zwei PDF-Dateien laden:

(1) Gesetzesentwurf der Bundesregierung vom 05.12.2001 zum: Gesetz über die Entsorgung von Altfahrzeugen (Altfahrzeug-Gesetz – AltfahrzeugG)

dort heißt es in Satz 6 zu § 5, Abs. 1

„Die Wirtschaftsbeteiligten stellen sicher, dass bezogen auf das durchschnittliche Fahrzeuggewicht aller pro Jahr überlassener Altfahrzeuge folgende Zielvorgaben erreicht werden:

1. spätestens ab 1. Januar 2006
   a) Wiederverwendung und Verwertung mindestens 85 Gewichtsprozent,
   b) Wiederverwendung und stoffliche Verwertung mindestens 80 Gewichtsprozent

und

2. spätestens ab 1. Januar 2015
   a) Wiederverwendung und Verwertung mindestens 95 Gewichtsprozent,
   b) Wiederverwendung und stoffliche Verwertung mindestens 85 Gewichtsprozent“

Erläuternd und konkretisierend heißt es hierzu in der

(2) Begründung zum Gesetzesentwurf der Bundesregierung vom 05.12.2001:

„Durch die Neufassung des Satzes 6 werden grundsätzlich mengenmäßige Anforderungen an die Wiederverwendung und stoffliche Verwertung festgelegt, die beim Demontagebetrieb einzuhalten sind. Damit werden die Recyclingquoten abgekoppelt von den übrigen Verwertungsquoten nach der Richtlinie und insofern eine Vereinfachung der Kontroll- und Überwachungsaufgaben erreicht. Unter der Annahme eines Metallgehal-

tes von ca. 75 Gewichtsprozent und einer durch Studien belegten Quote für Wiederverwendung und stoffliche Verwertung von ca. 97 Prozent des Metallanteils ergibt sich eine nicht gesondert nachzuweisende stoffliche Verwertungsquote von mindestens 70 Prozent des Altfahrzeuggewichts (0,75 x 0,97 = 0,73). Zuzüglich der 10 Prozent Nichtmetall, die vom Demontagebetrieb der Wiederverwendung oder der stofflichen Verwertung zuzuführen sind, werden die Anforderungen nach § 5 Abs. 1 Nr. 1 Buchstabe b) sicher erreicht.

Damit kann künftig die aufwändige gemeinsame Berechnung und datenmäßige Erfassung von Stoffströmen aus Demontagebetrieb und Schredderanlage entfallen. Die Kooperation mehrerer Demontagebetriebe wird ermöglicht. Die Einhaltung der Anforderungen sind in diesen Fällen gemeinsam nachzuweisen. Darüber hinaus wird in Satz 7 klargestellt, dass die Mindestquote nicht Stoffströme des Demontagebetriebs berücksichtigen darf, die ohnehin der Metallquote zuzurechnen sind, wie z.B. Restkarossen oder Kernschrott sowie ausgebaute Metallteile."
Quelle: NP 2001-12-05

Aktuelle Entwicklungen

Einen großen Einfluss könnte eine überarbeitete EU-Altauto-Richtlinie haben. Würde es gelingen, wie es seit Jahren Vertreter der Naturfaserbranche fordern, einen NaWaRo-Vorwegabzug wie die Stahlquote von 70 % *(s.o.)* zu erreichen, gäbe es für naturfaserverstärkte Verbundwerkstoffe erhebliche Vorteile. Praktisch könnte das so aussehen, dass jedem Fahrzeug der tatsächliche Anteil an nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo) als stoffliches Recycling gutgeschrieben wird – unabhängig davon, ob das Bauteil energetisch oder stofflich genutzt wird. Diese Vorgehensweise wäre dadurch gerechtfertigt, dass selbst beim Verbrennen der NaWaRo-Anteile die CO_2-Bilanz weitgehend neutral ist. Aktuell wären dies zwar nur durchschnittlich 3,6 kg Naturfasern pro Auto *(siehe Kapitel 4.2)*; Fahrzeuge mit erheblich höheren Mengen von 20 oder auch 30 kg sind aber seit Jahren erfolgreich in Serie und könnten dann zukünftig nach obigem Modell diese höheren Mengen gutschreiben. Eine entsprechende Überarbeitung der Altauto-Richtlinie würde Brüssel nichts kosten und erhebliche Steuerungseffekte haben.

Eine kleine Anfrage der FDP-Fraktion vom 24.11.2006 (Drucksache 16/3571) zeigt allerdings, dass die Bundesregierung aktuell keine Pläne hegt, nachwachsende Rohstoffe zu unterstützen:

„16. Wie bewertet die Bundesregierung die Einschätzung, dass die Nutzung nachwachsender Rohstoffe im Hinblick auf die Vorteile in der Produktionsphase (Ressourcenschonung) und Betriebsphase (Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs durch Leichtbauteile aus nachwachsenden Rohstoffen) nicht durch Vorgaben für die Entsorgung behindert werden sollte?

Die Ressourceneinsparung durch nachwachsende Rohstoffe in der Herstellung von Fahrzeugen wird als vernachlässigbar angesehen. Leichtbau-Bauteile können zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs beitragen *(siehe Antwort zu Frage 15)*. Dies ist jedoch unabhängig vom Material der Bauteile (nachwachsende Rohstoffe, Kunststoffe auf Mineralölbasis oder metallische Leichtbauwerkstoffe)."

Exkurs: Stoffliche Nutzung und Rohstoffwende

Werkstoffe auf Basis von Naturfasern sind ein wichtiger Baustein für die zukünftige stoffliche und werkstoffliche Versorgung der Industrie und Konsumenten. Sie stellen neben Bio-Kunststoffen und Holzwerkstoffen die wichtigsten NaWaRo-Werkstoffe überhaupt dar und sind wirtschaftspolitisch in die sog. „Rohstoffwende" einzureihen.

Der folgende Text ist weitgehend dem Tagungsband „Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie, 10. Symposium 2007" (Carus 2007a) entnommen und kann auch unter www.rohstoffwende.de in einer Langfassung heruntergeladen werden.

Die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) spielt bislang in der öffentlichen Wahrnehmung, verglichen mit der energetischen Nutzung, eine nur geringe Rolle. In der Politik ist es nicht viel anders: Zwar hat die stoffliche Nutzung den Verlautbarungen verschiedener Bundes- und Landesministerien nach „Vorrang" vor der energetischen Nutzung, doch sind solchen Äußerungen bisher nur wenige konkrete Taten gefolgt.

Während in den letzten Jahren die wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen für die energetische Nutzung optimal gestaltet wurden (Steuerbefreiung bzw. reduzierte Besteuerung, EEG), wurde die stoffliche Nutzung mehr oder weniger übersehen – Konzepte und Instrumente zur Förderung fehlen. Woran liegt dies?

Die nahe liegende und häufige Antwort ist, dass die stoffliche Nutzung gegenüber der energetischen Nutzung klein und eher unbedeutend sei.

Zählt man jedoch auch Holz zu den nachwachsenden Rohstoffen, so ist diese Begründung schlichtweg falsch: In Deutschland werden etwa zwei Drittel der nachwachsenden Rohstoffe stofflich genutzt und nur ein Drittel energetisch. Auch weltweit überwiegt die stoffliche Nutzung deutlich.

Eine Untersuchung des nova-Instituts im Jahr 2006 zeigte, dass weltweit

1,4 Mrd. Tonnen nachwachsender Rohstoffe stofflich genutzt werden – das sind mehr als aller Stahl und alle Kunststoffe zusammen genommen! Der Anteil nachwachsender Rohstoffe an der Deckung des (werk-)stofflichen Bedarfs ist deutlich höher als der Anteil nachwachsender Rohstoffe an der Deckung des Energiebedarfs.

Woran liegt es aber dann? Der Hauptgrund dürfte sein, dass sich die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in hunderten oder gar tausenden unterschiedlichen Produktlinien (je nachdem wie man sie gruppiert und zählt) vollzieht, wohingegen sich die energetische Nutzung übersichtlich strukturiert auf wenige Produktlinien beschränkt. Während die drohende Energiekrise im öffentlichen Bewusstsein angekommen ist, ist die gleichsam drohende Rohstoffkrise kaum präsent. Aber auch unabhängig von öffentlicher Wahrnehmung und politischer Unterstützung erleben wir weltweit bereits eine „Rohstoffwende". Von dieser soll in diesem Vortrag die Rede sein und auch davon, wie eine Balance zwischen Energie- und Rohstoffwende gefunden bzw. wieder hergestellt werden kann. Welche Möglichkeiten hat die Politik, auch für die Rohstoffwende günstige Rahmenbedingungen zu schaffen?

Rohstoffwende

Die Rohstoffwende – der Übergang von einer Erdöl-basierten auf eine nachwachsende Rohstoffbasis für die Industrie – ist unaufhaltsam. Und nicht nur das: Wir sind bereits mitten drin. Hunderte von Produktlinien sind schon in der Umstellung von Erdöl- auf NaWaRo-basierte Roh- und Werkstoffe. Nachdem Agrarrohstoffe als Rohstoffbasis für die Industrie seit Jahrzehnten Marktanteile an erdölbasierte Rohstoffe verloren haben, ist nun aufgrund der hohen Erdöl- und Kunststoffpreise bereits eine Trendwende zu verzeichnen: Agrarrohstoffe – Cellulose, Stärke, Zucker, Pflanzenöle, Naturfasern oder auch Naturkautschuk – erobern verlorene Marktanteile zurück. Und dies sowohl in traditionellen Anwendungen (Bau und Möbel, Zellstoff und Papier, Verpackungen, Wasch- und Pflegemittel, Schmiermittel und vieles mehr) als auch mit neuen Verfahren, wie der Biotechnologie oder neuen Verbundwerkstoffen, die seit der ersten Ölkrise in den 70er Jahren massiv weiterentwickelt wurden.

Durch die starke Subventionierung der Energiewende wird die Rohstoffwende noch gebremst. Die durch günstige Rahmenbedingungen angeheizte Nachfrage im Energiebereich verteuert aktuell viele Agrarrohstoffe, so dass diese für neue Anwendungen im werkstofflichen Bereich oft

noch zu teuer sind. Mittel- bis langfristig wird die rohstoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe aber erheblich an Bedeutung gewinnen – da es hierzu, im Gegensatz zum Energiebereich, keine Alternativen gibt. Während zur Deckung des Energiebedarfs eine Reihe von erneuerbaren Technologien wie Solar- und Windenergie zur Verfügung stehen, wird die stoffliche Nutzung aus den endlichen Quellen mineralischer Rohstoffe (Industrieminerale, Metalle, fossile Energieträger) gespeist. Werden diese knapp und teuer, bleiben nur nachwachsende Rohstoffe.

Besondere Hoffnungen setzen die Industrieländer dabei in die weiße (industrielle) Biotechnologie und sog. Bioraffinerien. Dabei sollte aber die Weiterentwicklung und Optimierung der traditionellen stofflichen Prozessketten, die aktuell mehr als 95 % der stofflichen Nutzung ausmachen und oft mit großer regionaler Wertschöpfung im ländlichen Raum verbunden sind, nicht übersehen werden. So sollte z.B. in Deutschland die starke Holzwerkstoffindustrie, die ganz besonders unter den hohen Rohstoffkosten infolge der energetischen Nutzung von Holz leidet, erhalten und ausgebaut werden.

Für die neuen Biotechnologien gilt es neben der technischen Machbarkeit, frühzeitig grundsätzliche ökonomische Fragen zu beantworten, um Fördermittel nicht in wenig zukunftsträchtige Bahnen zu lenken. In einer Reihe von Anwendungen werden traditionelle Prozessketten immer kostengünstiger bleiben als neue biotechnologische. Dafür können mit Biotechnologie Bereiche erschlossen werden, die traditionellen Prozessketten verschlossen bleiben, oder auch Rohstoffe aus Nebenströmen, die bisher stofflich nicht genutzt werden konnten.

Sozio-ökologische Probleme

Werden weltweit genügend Agrarflächen zur Verfügung stehen, um Lebensmittel und die nachgefragten Rohstoffe zu liefern? Energie- und Rohstoffwende werden zu einer Flächenknappheit und harter Flächenkonkurrenz unter den Kulturpflanzen führen. Dies kann – und wird – regional zu erheblichen sozio-ökologischen Problemen führen. Schon heute finden wir in Asien wachsenden Widerstand der Bevölkerung gegen neue Palmölplantagen und massive Preissteigerungen für das Grundnahrungsmittel Mais in Mexiko aufgrund der Bioethanolproduktion in den USA.

Die regionale Bevölkerung wird hier zum Verlierer der großtechnischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe durch kapitalstarke Unternehmen - von der Zerstörung der Regenwälder ganz abgesehen. Es stellt eine Heraus-

forderung dar, die Rohstoffwende sozio-ökologisch verträglich zu gestalten. Unsere Enkel könnten sich sonst eines Tages nach dem ökologischen und segensreichen Erdöl-Zeitalter zurück sehnen!

Die Flächenknappheit wird in jedem Fall zu hohen Agrarrohstoffpreisen führen. Die Zeit der preiswerten Rohstoffe wird unweigerlich vorbei sein – ob auf Basis der schwindenden Erdölvorräte oder auf Basis nachwachsender Rohstoffe.

Werkstoffe

Im Bereich der Werkstoffe wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl von neuen Entwicklungen gemacht und Markteinführungen begonnen: Biokunststoffe aus Stärke, Zucker und Cellulose, Naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK) und Wood-Plastic-Composites (WPC). Diese neuen Werk- und Verbundwerkstoffe werden von der Rohstoffwende in ganz besonderem Maße profitieren.

Die weltweite Industrie befindet sich in einer Rohstoffwende hin zu nachwachsenden Rohstoffen, weg von Erdöl-basierten Rohstoffen. Aufgrund begrenzter Flächen werden Agrarrohstoffe – wie auch das Erdöl – knapp und teuer werden. Die Zeiten von preiswerten und scheinbar unbegrenzt verfügbaren Rohstoffen dürften der Vergangenheit angehören. Die Werkstoffe der Zukunft werden mehr und mehr auf nachwachsenden Rohstoffen beruhen. Diese werden jedoch teilweise erheblich modifiziert werden müssen, um den hohen Anforderungen der modernen Industriegesellschaft genügen zu können.

Flächenknappheit & Ressourcenmanagement

Schon jetzt zeichnet sich in Europa und auch weltweit ab, dass die zur Verfügung stehenden Agrar- und Forstflächen nicht ausreichen werden, um im ausreichenden Maße Lebensmittel und Rohstoffe für die Energie- und Rohstoffwende zu produzieren. Analysiert man die Situation genauer, so stellt man fest, dass die Flächen vermutlich für die Lebensmittelproduktion und die stoffliche Nutzung ausreichen – nicht aber für die energetische Nutzung von Biomasse, die sich unserer Ansicht nach nur als eine (wichtige) Übergangstechnologie erweisen wird. Hierfür spricht auch, dass erneuerbare Technologien wie Solar- und Windenergie erheblich flächeneffizienter sind als Biomasse, die den Malus des schlechten Wirkungsgrades der Fotosynthese mit sich trägt. So lässt sich – selbst am Standort Deutschland – auf derselben Fläche mit Solarzellen das 10- bis 20-fache an

Solarenergie gewinnen als über den „Umweg" Biomasse.

Neues Thema im ländlichen Raum ist heute „Ressourcenmanagement": Wie können die regionalen Ressourcen der Agrar- und Forstflächen möglichst effizient und wertschöpfend genutzt werden – für Lebensmittel, Energie und Rohstoffe?

Wichtig ist, zukünftig Pflanzen möglichst vollständig zu nutzen. Hier wachsen stoffliche und energetische Nutzung zum Teil wieder zusammen. Nebenströme der Lebensmittel- und Rohstoffproduktion können oft energetisch genutzt werden. Ebenso können manche Nebenströme der energetischen Nutzung stofflich genutzt werden: Bei der Biodieselproduktion entsteht als Nebenprodukt Glycerin, Nebenprodukte der Bioethanolproduktion können als Klebstoffe genutzt werden und bei der Biogasproduktion können Cellulosefasern für die werkstoffliche Nutzung abgezweigt werden.

Biotechnologische Verfahren mit den Nebenprodukten der traditionellen Prozessketten aus der stofflichen Nutzung oder Lebensmittelproduktion zu speisen ist eine weitere wichtige Option, zumal diese Agrar-Sekundärrohstoffe oft preisgünstig sind oder sogar zum Teil heute noch kostenpflichtig entsorgt werden müssen.

Konzepte und Instrumente zur Förderung der stofflichen Nutzung

Zunächst gilt es, die Balance zwischen stofflicher und energetischer Nutzung wieder herzustellen.

Hier gilt es, das öffentliche, politische und auch industrielle Bewusstsein für die stoffliche Nutzung zu wecken. Neben Öffentlichkeitsarbeit ist dies im Energiebereich durch gezielte Förderungen gelungen. Hierzu gibt es verschiedene Möglichkeiten, siehe unten.

Es ist unter diesem Gesichtspunkt zu begrüßen, dass das BMELV im Jahr 2006 die bisherige Abteilung „Nachwachsende Rohstoffe" in nunmehr zwei Abteilung aufgespalten hat: Eine zur energetischen und eine zur stofflichen Nutzung.

Zudem sollte kontinuierlich erhoben werden, wie sich Förderungen im Bereich Biomasse-Energie auf die Preise der Agrarrohstoffe auswirken und welche Folgen dies für die Lebensmittelproduktion und die stoffliche Nutzung hat. Sollten diese ungünstig sein, sollte das Förderniveau der energetischen Nutzung überprüft und ggf. korrigiert werden. Alternativ können Stützungs- oder Fördermaßnahmen für die stoffliche Nutzung entwickelt werden, welche die Effekte ausgleichen oder überkompensieren.

Fördermaßnahmen für die stoffliche Nutzung müssen so verschieden und spezifisch sein wie die Anwendungen. Eine Vielzahl von Richtlinien, Verordnungen und Gesetzen bieten Möglichkeiten, die stoffliche Nutzung zu fördern, darunter z.B. die Altauto-Richtlinie/Altauto-Gesetz, Verpackungsverordnung oder Bioabfallverordnung.

In verschiedenen Entsorgungs-/Wiederverwertungs-Richtlinien wird die erneute stoffliche Nutzung (Recycling) gegenüber der thermischen Nutzung favorisiert, was in der Praxis oft zu Problemen führt. Da nachwachsende Rohstoffe selbst bei ihrer thermischen Nutzung eine vergleichsweise günstige CO_2-Bilanz aufweisen, könnte man hier Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen bevorzugen, indem man ihre thermische Nutzung der stofflichen gleichstellt.

Die günstige CO_2-Bilanz von Werkstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen sollte stärker diskutiert, betont und auch finanziell „belohnt" werden. Dies vor allem auch deshalb, weil in vielen stofflichen Anwendungen das CO_2 sogar über Jahre oder Jahrzehnte gespeichert wird. Die stoffliche Nutzung stellt meist eine längerfristige CO_2-Senke dar.

Wenn die Kraftfahrzeug-Steuern nach den CO_2-Emissionen bestimmt werden sollen, dann wird es Zeit, auch Werkstoffen, die eine erheblich bessere CO_2-Bilanz als andere aufweisen, finanzielle Vorteile zukommen zu lassen.

Hier betritt die Politik Neuland und es gibt noch jede Menge zu tun, um die geeigneten und effizienten politischen Stellschrauben zu finden und zu nutzen. Hierbei kann man auf umfassende Erfahrungen aus den Bereichen der energetischen Nutzung von Biomasse und der erneuerbaren Energien Sonne und Wind zurückgreifen. Hier ist Deutschland tatsächlich eine Energiewende gelungen – warum sollte dies nicht auch im stofflichen Bereich gelingen?

7.

Zusammenfassung – Szenarien, Empfehlungen und Steckbrief Hanf

7 Zusammenfassung – Szenarien, Empfehlungen und Steckbrief Hanf

7.1 Szenarien

Die Spannbreite der möglichen Zukunftsszenarien für die alten Kulturpflanzen Flachs und Hanf ist sehr groß. Im „Worst Case"- Szenario werden die Anbauflächen schrumpfen und beide Pflanzen zu Sonderkulturen für Nischenmärkte werden. Im „Best Case"-Szenario können beide Pflanzen eine wichtige Rolle bei der „Rohstoffwende" hin zu Bio-Werkstoffen spielen und ihre Anbauflächen massiv steigern. Welchen Weg werden Hanf und Flachs gehen? Kann die Politik günstige Rahmenbedingungen schaffen? Welche politischen Rahmenbedingungen und welche gezielten Fördermaßnahmen könnten positiven Einfluss auf die Entwicklung der deutschen Naturfaserwirtschaft haben?

„Worst Case"- Szenario

Die Flächenkonkurrenz unter den Kulturpflanzen nimmt weiter zu, die Bedeutung der erzielbaren Deckungsbeiträge für die Wahl der Kultur wächst. Durch die große Nachfrage nach Energiemais, Weizen und Raps für Bioenergie werden diese Agrarrohstoffe teurer, die Deckungsbeiträge steigen und Kulturen wie Flachs und Hanf, die niedrigere Deckungsbeiträge erzielen, geraten zunehmend unter Druck.

Gleichzeitig kürzt Brüssel die Verarbeitungsbeihilfe und das globale Preisniveau von Jute, Kenaf und Sisal sinkt nach Jahren wieder, die Holzpreise stabilisieren sich und China reduziert die Importe von EU-Flachs.

Die Anbauflächen gehen nach Jahren der Stagnation zurück, einige der hoch spezialisierten Faseraufschlussbetriebe müssen schließen. Durch die schlechtere Verfügbarkeit von Flachs- und Hanffasern übernehmen exotische Fasern mehr und mehr die bestehenden Märkte.

Bleiben die Erdölpreise auf heutigem Niveau, kann sich diese ungünstige Gesamtsituation länger fortsetzen. Die Naturfaserwirtschaft ist vom NaWaRo-Wachstum abgekoppelt und Flachs und Hanf werden zu Sonderkulturen ohne Wachstumsperspektive.

„Best Case"-Szenario

Die Verarbeitungsbeihilfe bleibt erhalten und wird als „single aid" ausgezahlt, was die technischen Nutzungen der Kurzfasern stützt. Diese Stützung ermöglicht kurzfristig den Erhalt der Anbauflächen unter dem Ansturm der Energiepflanzen. Schon bald tritt die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in den Fokus von Industrie und Politik. Die Förderung und damit auch die Deckungsbeiträge für stofflich genutzte Kulturen werden auf dasselbe Niveau wie bei Energiepflanzen gehoben – der ungleiche Verdrängungswettbewerb kommt zum Erliegen.[1]

Durch einen weiteren Anstieg der Erdöl- und Kunststoffpreise sowie der Preise für Holzrohstoffe, die zunehmend energetisch genutzt werden, wird die Suche nach bezahlbaren Bio-Werkstoffen intensiviert und beschleunigt. Neben Biokunststoffen werden hierbei vor allem Naturfasern eine zentrale Rolle spielen. Naturfasern können in petrochemischen Werkstoffen unmittelbar Kunststoff und/oder Glasfasern substituieren und sie können Biokunststoffe in ihrem Eigenschaftsspektrum stark erweitern, ohne die biologische Abbaubarkeit zu gefährden. Die technische Machbarkeit ist schon heute bewiesen, in diesem Szenario stimmt nun auch die Ökonomie, da der Preis der Naturfasern in viel geringerem Maße als der Preis herkömmlicher Werkstoffe vom Erdölpreis abhängt.

Die steigenden Holzpreise bringen neue Optionen für Faserpflanzen, insbesondere für den ertragreichen Hanf, der Rohstoff für die Holzwerkstoffindustrie werden kann, z.B. für Leichtbauplatten.

Durch die anhaltenden Wasserengpässe und durch Schädlingsbefall steigen weltweit die Baumwollpreise. Modifizierte Flachs- und Hanffasern werden zunehmend interessant für die textile Bekleidungsindustrie.

Die Nachfrage nach Naturfasern zur werkstofflichen Nutzung wächst weltweit, die Preise für Jute, Kenaf und Sisal steigen weiter an und lassen den Naturfasern aus Europa preisliche Spielräume.

Der ernährungsphysiologische Wert der Hanfsamen bzw. -nüsse wird in der Öffentlichkeit bekannt, die schon heute in Nordamerika ausgelöste Hanflebensmittel-Welle erreicht Europa und die Hanfsamen werden ein willkommenes Koppelprodukt, um die Preise für Fasern und Schäben zu stabilisieren.

---

1 *Eine solche Förderung könnte auf der finanziellen Besserstellung von NaWaRo-Werkstoffen basieren, wegen ihrer geringeren CO_2-Emissionen als herkömmliche Werkstoffe - über den gesamten Produktions- und Lebenszyklus betrachtet. Diese CO_2-Einsparung könnte man ähnlich honorieren wie die CO_2-Einsparung durch Biokraftstoffe und Elektrizität aus Energiepflanzen (siehe Kapitel 7.2).*

Die Anbauflächen steigen, es lohnen sich Investitionen in neue Anlagentechnik, bessere Technik und größeres Volumen führen zu stabilen Preisen, gleichzeitig steigt die Qualität der Produkte. Die Naturfaserwirtschaft wird zu einem zentralen Standbein der Rohstoffwende.

Tabelle 42: Anwendungsfelder und ihre Wachtumspotenziale im „Best case"-Szenario

Anwendung	Faserpflanzen	Wachtumspotenzial
Verbundwerkstoffe, Naturfaserverstärkte Kunststoffe *(vgl. Kapitel 4.1 – 4.3)*	Flachs und Hanf, Kurzfasern	Sehr groß – hängt vor allem vom Preis für Kunststoffe und Glas-/Mineralfasern ab
Dämmstoffe *(vgl. Kapitel 4.4)*	Flachs und Hanf, Kurzfasern	Sehr groß – hängt vor allem vom Preis für Glas- und Mineralfasern bzw. Kunststoffe ab
Zellstoff & Papier *(vgl. Kapitel 4.5)*	Flachs und Hanf, aufgeschlossenzu Zellstoff (mechanisch-chemischer Prozess)	Durch steigende Holz- und Baumwollpreise (Wassermangel!) ist ein erhebliches Wachstum möglich
Geo- und Agrartextilien *(vgl. Kapitel 4.6 und 4.8)*	Flachs und Hanf, Kurzfasern	Geringes Potenzial bei Geotextilien, erhebliches Wachstum in Agrartextilien möglich
Bekleidungstextilien *(vgl. Kapitel 4.7.)*	Flachs und Hanf, modifizierte Kurzfasern	Wenn die Baumwolle in Folge von Wasserknappheit und Schädlingsbefall deutlich teurer wird, bekommen Flachs und Hanf eine neue Chance
Tiereinstreu *(vgl. Kapitel 5.1.2)*	Flachs und Hanf, Schäben	Vergleichsweise geringes Wachstum wegen vieler anderer Agrar-Sekundärrohstoffe
Baumaterial *(vgl. Kapitel 5.1.2)*	Flachs und vor allem Hanf (Ertrag!), Schäben	Viele Anwendungen, moderates Wachstum
Leichtbauplatten *(vgl. Kapitel 5.1.2)*	Flachs und vor allem Hanf (Ertrag), Schäben oder auch Ganzpflanze	Sehr großes Wachstumspotenzial, wenn Holzpreise weiter steigen

Müssig & Carus 2007 haben die Potenziale für die heimischen Naturfasern in Naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) sogar quantifiziert (siehe Tabelle 43) und das Marktpotenzial im Jahr mit „> als 1,6 Mrd. €" beziffert. In der Studie werden verschiedene Szenarien detailliert vorgestellt und diskutiert (Müssig & Carus 2007).

Tabelle 43: Prognose: Menge an Naturfasern (ohne Holz) in NFK in vier Marktsegmenten in Deutschland 2005, 2010 und 2020 (in Tonnen)

Jahr	Naturfasern im Interieur und Exterieur von PKWs	Naturfasern im Interieur u. Exterior Transport (NFZ, Schiene, Wasser, Luft)	Naturfasern in dauerhaften Produkten der Konsumgüter-Industrie	Naturfasern in Profilen der Bau & Möbelindustrie	Summe Naturfasern in NFK
2005	20.000	24.000	< 20	< 500	ca. 45.000
2010	30.000	30.000	4.000	< 5.000	ca. 70.000
2020	50.000	45.000	23.000	< 10.000	ca. 130.000

Quelle: Müssig & Carus 2007

Müssig & Carus 2007 sehen vor allem folgende Faktoren, die die weitere Marktentwicklung maßgeblich beeinflussen:

- Die Verwendung von naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) wird neben den zurzeit relativ niedrigen Glasfaserpreisen durch technische Engpässe, mangelndes Qualitätsmanagement und klein-industrielle Strukturen limitiert. Der Einfluss dieser vier Faktoren kann voraussichtlich in den nächsten Jahren beseitigt bzw. deutlich gemindert werden:

- Die Produktionskosten für Glasfasern sind viel stärker von den Energiepreisen abhängig als die von Naturfasern. Naturfasern werden daher mit steigenden Energiepreisen immer konkurrenzfähiger.

- Gezielte Förderung kann technische Engpässe bei Anbau- und Ernteverfahren verringern sowie industrielle Faseraufschlussverfahren und Faserzufuhr (Kunststoffverarbeitungstechnik) verbessern.

- Flankierende Maßnahmen zur Optimierung der Produktions- und Handelsstrukturen, zum Transfer von Know-How (z.B. Qualitätsmanagement) und Förderung der Entwicklung und Markteinführung von NFK Produkten können die Marktentwicklung absichern und beschleunigen.

Unter dem Titel „Chancen für Naturfasern aufgrund weltweit steigender Nachfrage“ fassen Müssig & Carus 2007 zusammen:

Chancen

- Die Welt-Naturfasermärkte sind in Bewegung geraten: Nachfrage, Preise und Produktionsvolumen steigen.

- Aufgrund dauerhaft hoher und vermutlich weiter steigender Erdöl- und Kunststoffpreise wird der Einsatz von Naturfasern in Werkstoffen ökonomisch immer attraktiver.

  Gleichzeitig sind in den letzten 20 Jahren zahlreiche Werkstoffe und Anwendungen entwickelt worden, die nun der Industrie auf der Suche nach weniger Erdölpreis-abhängigen Werkstoffen zur Verfügung stehen (neben Formpress- vor allem Spritzguss- und Fließpress-Verfahren).

- Besondere Chancen ergeben sich mittelfristig aus der Kombination von Bio-Polymeren mit Naturfasern.

- Naturfasern aus der EU und aus Deutschland können – bei nur geringer spezifischer Subvention – mit Fasern aus Asien, Südamerika und Afrika konkurrieren.

- Grundsätzlich sollte die europäische Naturfaserwirtschaft mittelfristig von diesen Trends profitieren können.

Risiken

- Als größtes Hemmnis erweisen sich Größe und Struktur der europäischen und vor allem auch deutschen Naturfaserwirtschaft.

- Anbau und Produktion erfolgen in Kleinbetrieben, die kein ausreichendes Kapital zur Expansion besitzen und daher kaum in der Lage sind, das Angebot auszuweiten und durch „Economy of Scale" Preisvorteile zu erzielen.

- Der weitere Ausbau des Angebots erfolgt aktuell praktisch nur durch den Aufbau weiterer Kleinbetriebe, die oft schon nach wenigen Jahren aufgeben müssen.

> „Die Aufgabe der Politik sollte sein, Rahmenbedingungen für größere Anbau-, Produktions- und Handelsstrukturen zu schaffen, damit die heimische Industrie neben den größeren Anbietern aus Asien, Südamerika und Afrika zu einem verlässlichen Partner der deutschen Kunststoff- und Automobilindustrie werden kann." (Müssig & Carus 2007)

7.2 Empfehlungen: Wie können die Marktpotenziale effizient entwickelt und gefördert werden?

Die beiden wichtigsten Probleme, die durch geeignete Fördermaßnahmen ausgeglichen werden müssen, um den Flachs- und Hanfanbau aktuell zu stabilisieren und dann ausweiten zu können, sind:

- Erhalt und Ausbau der Konkurrenzfähigkeit von Flachs- und Hanf-Kurzfasern im Vergleich zu exotischen Fasern wie Jute, Kenaf und Sisal sowie zu den Nebenprodukten der Flachs-Langfaserproduktion in Frankreich und Belgien.

- Erzielung eines ausreichenden Deckungsbeitrags im Vergleich zu Energiepflanzen wie Mais oder Raps, um in der Flächenkonkurrenz bestehen zu können.

Flachs und Hanf werden in Zukunft nur dann als Kulturpflanze eine Rolle spielen können, wenn ihre Fasern gegenüber importierten Naturfasern konkurrenzfähig sind und wenn sie für den deutschen oder europäi-

schen Landwirt ähnlich attraktiv sind wie Energiepflanzen – sonst werden die Landwirte schlichtweg Flachs und Hanf nicht mehr anbauen.

Um dies für die Zukunft zu gewährleisten, sehen wir vor allem die folgenden zwei Regularien:

- EU-Ebene: Erhalt oder Weiterentwicklung der Verarbeitungsbeihilfe für Kurzfasern. Dies wurde bereits ausführlich in Kapitel 6.1.2 diskutiert. Besonders favorisiert wird von Expertenseite eine Einheitsbeihilfe („single aid“) für alle in der EU produzierten Naturfasern, da hiermit sowohl die Förder-Schräglage zwischen Flachs und Hanf aus der EU überwunden als auch die Konkurrenzfähigkeit gegenüber exotischen Naturfaserimporten gestärkt wäre.

- Deutschland und später EU: Während Energiepflanzen in Deutschland über das EEG und Steuerreduzierungen im Biokraftstoffbereich (Energiesteuergesetz) stark finanziell unterstützt und dadurch für den Landwirt zu Kulturen mit hohen Deckungsbeiträgen werden, fehlen entsprechende Instrumente für den stofflichen Bereich. Begründet werden die Förderungen im energetischen Bereich vor allem mit den realisierten CO_2-Einsparungen gegenüber fossilen Energieträgern. Aber auch in der stofflichen Nutzung kommt es zu erheblichen CO_2-Einspareffekten, die bislang aber nicht honoriert werden. Hier liegt aus unserer Sicht der Schlüssel: Würden die CO_2-Einspareffekte ähnlich honoriert wie im Energiebereich, lägen die Deckungsbeiträge für stofflich und energetisch genutzte Kulturen auf etwa gleichem Niveau und der – politisch nie gewollte – Verdrängungseffekt wäre beendet.

Erste Ansätze für eine CO_2-Gutschrift für die stoffliche Nutzung am Beispiel von Hanf

Ausgehend von den obigen Überlegungen stellt sich die Frage, wie die CO_2-Einspareffekte bei stofflich genutzten Kulturen in eine angemessene finanzielle Förderung umgesetzt werden könnten, wie also der „handwerkliche Fehler“ (Frank 2007) der jetzigen Förderstruktur überwunden werden kann.

Im Rahmen der vorliegenden Studie können hierzu nur erste, grundsätzliche Überlegungen angestellt werden. Es ist hier nicht möglich, die

existierenden Sach- und Öko-Bilanzen zu Flachs und Hanf auszuwerten und zu analysieren sowie darauf basierend eine Methodik zu entwickeln, die ermittelten CO_2-Einspareffekte in neue Förderinstrumente umzusetzen. Ersteres wird parallel in einem von der FNR geförderten Projekt der Firma „PE INTERNATIONAL GmbH" erarbeitet *(Titel: „Auswertung von Studien zur ökologischen Betrachtung von nachwachsenden Rohstoffen bei einer stofflichen Nutzung", FKZ 06NR121)*; die Ergebnisse werden frühestens in der zweiten Jahreshälfte 2007 zur Verfügung stehen. Aber auch die Methodik selber stellt eine erhebliche Herausforderung dar, da es im stofflichen Bereich bislang – jenseits von zeitlich eng begrenzten Markteinführungsprogrammen *(siehe auch Kapitel 4.4.3)* – keine entsprechenden Instrumente gibt.

Als ersten Ansatz stellen wir folgende Überlegungen an:

- Flachs- und Hanffasern werden in einer Vielzahl von Produktlinien eingesetzt. In Abhängigkeit von den Anwendungen und substituierten Roh- bzw. Werkstoffen ergeben sich sehr unterschiedliche CO_2-Einspareffekte. Es ist aber unwahrscheinlich, dass man in der Politik pro Anwendung und Substitut unterschiedliche Förderungen einführen wird. Dies ist kaum zu handhaben und vor allem stellt sich die Frage: An welcher Stelle der Wertschöpfungskette dann die CO_2-Einsparung finanziell belohnt werden soll bzw. kann. Bei der energetischen Nutzung stellt sich die Lage sehr viel einfacher dar, da die Endprodukte nur Kraftstoffe bzw. Strom und Wärme sind und auch Substitution und Förderung strukturell sehr einfach sind.

- Ein Ausweg aus diesem Dilemma wäre, die produzierte Naturfaser als solche in den Mittelpunkt zu stellen, unabhängig davon, in welcher Anwendung sie später tatsächlich zum Einsatz kommt (möglich wäre eine durchschnittliche CO_2-Einsparung über typische Anwendungen gemittelt). Nahe liegender Förderempfänger wäre dann der Faseraufschlussbetrieb, der hierdurch in der Lage wäre, die Naturfaserpreise günstiger zu gestalten und/oder den Landwirten höhere Strohpreise zu zahlen, wodurch sich der Deckungsbeitrag für den Landwirt erhöhen würde. Hiermit wären also prinzipiell beide oben genannten Probleme gelöst. Praktisch könnte die finanzielle Unterstützung durch Direktzahlungen pro kg produzierter Naturfaser (also eine Art zweiter Verarbeitungsbeihilfe, nun aber

aufgrund der CO_2-Einsparung gewährt) oder über Steuergutschriften wie die in USA bekannten „tax credits“ ausgezahlt werden. Der Faseraufschlussbetrieb könnte damit seine Steuerschuld entsprechend der Gutschrift reduzieren.

- Die absolute Höhe der CO_2-Gutschrift sollte sich dabei an der aktuellen Förderung der Energiepflanzen über EEG bzw. Steuervergünstigungen (Energiesteuergesetz) orientieren.

Im Folgenden werden einige Eckdaten zusammen getragen, die eine erste Einschätzung der Höhe einer solchen neuen Förderung ermöglichen.

In einem Kilogramm Hanffasern ist eine Masse Kohlenstoff gebunden, die etwa 1,5 kg CO_2 entspricht. Dies ergibt sich aus einer einfachen stöchiometrischen Betrachtung der Biochemie der Hanfpflanze bzw. der Hanffaser, welche auf die Trockenmasse bezogen einen Kohlenstoffanteil von ca. 44 % aufweist (Wassergehalt der Hanffaser ca. 8 %).

Nun ist es methodisch nicht korrekt, diese gespeicherte CO_2-Menge unmittelbar mit der CO_2-Einsparung von z.B. Biokraftstoffen in Relation zu setzen, da je nach Anwendung und Substitut bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus andere Ergebnisse zu erwarten sind. Vor allem auch dadurch, dass die Hanffasern nach ihrer Nutzungsperiode, die zwischen Monaten (Geotextilien) und 50 Jahren (Dämmstoffe) liegen kann, in der Regel den gespeicherten Kohlenstoff wieder als CO_2 freisetzen. Dennoch gibt diese Berechung einen ersten Anhaltspunkt.

Uns liegen aus einer eigenen Studie, das nova-Institut zusammen mit dem IFEU-Institut, Heidelberg, durchgeführt hat, Ergebnisse einer Sachbilanz aus dem Jahre 1996 vor, die für mehrere Anwendungen die CO_2-Einsparung über den gesamten Lebenszyklus berechnet hat (Karus et al. 1996). Das Ergebnis: 1 kg Hanffasern, das Glasfasern in Verbundwerkstoffen oder Dämmstoffen mit jeweils gleichen Eigenschaften ersetzt, spart über den gesamten Lebenszyklus 1,4 kg CO_2 ein.

Dass dies fast dem simpel hergeleiteten Wert von 1,5 kg CO_2 pro 1 kg Hanffasern *(s.o.)* entspricht, ist Zufall. Bei einer anderer Anwendung oder einer anderen Substitut-Wahl ergeben sich andere Werte: Ersetzt 1 kg Hanffasern in Bekleidungstextilien Baumwollfasern, so ergibt sich in derselben Studie nur eine CO_2-Einsparung von 0,6 kg CO_2.

Methodisch sauber müsste man für die wichtigsten Hanfanwendungen und Substitute solche Rechnungen anstellen und – z.B. nach Marktvolumen

gewichtet – eine durchschnittliche CO_2-Einsparung pro 1 kg Hanffasern berechnen. Dies übersteigt aber die Möglichkeiten der vorliegenden Arbeit.

In der folgenden Tabelle sind die CO_2-Einsparungen für Hanf und Energiepflanzen zusammen gestellt, hier allerdings nicht bezogen auf die Rohstoffmenge, sondern auf die Fläche in Hektar.

Tabelle 44: Eckdaten für CO_2-Einsparungen pro Hektar für Hanf und Energiepflanzen (bezogen auf Netto-Energie = Brutto-Energie abzüglich Prozessenergie)

Stoffliche bzw. energetische Nutzung	Einsparung CO_2 pro Hektar	Einsparung von CO_2-Äquivalenten pro Hektar
Hanffaser als Substitut von Glasfasern in Verbundwerkstoffen	2,2 t	1,7 t
Hanffaser als Substitut von Glasfasern in Dämmstoffen	2,1 t	1,7 t
Angenommener, durchschnittlicher Wert für die Nutzung von Hanffasern und -schäben *(siehe Text)*		3,4 t
Biodiesel		3,4 t
Reines Pflanzenöl als Kraftstoff		3,3 t
Bioethanol aus Zucker		7,2 t
Bioethanol aus Stärke		2,9 t
Biogas aus Silomais		8 t

Quellen: Karus et al. 1996, Schmitz et al. 2006b

Anmerkung: Unter „CO_2-Äquivalente“ versteht man die Zusammenfassung aller klimarelevanten Treibhausgase, die in Ihrer Wirkung in CO_2 umgerechnet werden. Die Einsparung auf Basis von CO_2-Äquivalente ist bei nachwachsenden Rohstoffen oft geringer als auf Basis von CO_2, da beim Anbau klimarelevantes Lachgas (NO_2) zusätzlich emittiert wird, was z.B. bei Glasfasern nicht anfällt. Hierdurch reduziert sich die Gutschrift.

In der Tabelle 44 fällt auf, dass die eingesparten CO_2-Äquivalente bei Hanffasern geringer ausfallen als bei den energetisch genutzten Pflanzen. Würde man beim Hanf aber nicht nur die Fasern in die Kalkulation einbeziehen, sondern ebenso das Nebenprodukt Schäben, die mengenmäßig das Doppelte (!) wie die Fasern ausmachen *(siehe Kapitel 1.3.3)*, lägen die Werte deutlich näher zusammen. Da aber für die Schäbennutzung keine entsprechenden, vergleichenden Bilanzierungen bekannt sind, kann hier kein konkreter Wert angegeben werden. Wir nehmen aus Gründen der Einfachheit und Vorsicht an, dass bei Betrachtung von Fasern und Schäben die

etwa doppelte Einsparung, also 3,4 t CO_2-Äquivalente pro Hektar, auftritt – und nicht die dreifache Einsparung, wie man es aufgrund der Mengenbilanz auch rechtfertigen könnte (methodisch korrekt müsste man auch für die Schäben die CO_2-Einsparungen bei verschiedenen Anwendungen und Substituten berechnen und zu den Werten für die Fasern addieren).

Im nächsten Schritt soll nun die Höhe einer möglichen Förderung für Hanf abgeleitet werden. Die Tabelle 45 gibt zunächst einen Überblick über die Förderung pro Hektar und pro eingesparten CO_2-Äquivalenten für verschiedene Energiepflanzen. Bei der Tabelle muss man beachten, dass die Förderung auf Brutto-Energie bezogen ist, während sich die eingesparten CO_2-Mengen auf Netto-Energie beziehen.

Die Gesamtförderung pro eingesparten CO_2-Äquivalenten liegt für verschiedene Energiepflanzen nach Tabelle 45 zwischen 102 und 372 €/t mit einem Durchschnittswert von ca. 250 €/t[2]; am geringsten ist die Förderung bei großen, mit Biogas betriebenen Blockheizkraftwerken, am größten bei der Bioethanolproduktion aus Getreide. Pro Hektar liegt der Durchschnitt bei ca. 1.600 €/ha.

2 *Dieser Durchschnittswert für die Förderung der energetischen Nutzung von 250 €/t liegt deutlich über dem Wert im Emissionshandel. Hier werden für 2008 Werte zwischen 20 und 40 €/t erwartet (Krägenow 2007).*

Tabelle 45: Förderung pro Hektar und pro eingesparten CO_2-Äquivalenten

Energie-pflanze	Energie-träger	Ertrag pro ha (brutto)	Förderung nach EEG (mit NaWaRo, aber ohne KWK-Bonus) bzw. verminderte Steuer nach Energiesteuergesetz		Förderung pro Hektar	zzgl. Energie-pflanzen-prämie 45 €/ha	Eingesparte CO_2-Äquivalente (netto)	Förderung inkl. E-Prämie pro eingesparten CO_2-Äqui-valenten (netto)
Mais	Biomethan – 9.000 m^3/ha	**kWh/ha**		**ct/kWh**	**€/ha**	**€/ha**	**t/ha**	**€/t CO_2-Äquiv.**
	BHKW mit 40 % Wirkungs-grad	22.000	bis 150 kW_{el} Einspeise-vergütung: 17, 2 ct/kWh	13	**2.794**	**2.839**	8	**349**
	Strompreis aktuell 4,5 ct/kWh (www.eex.com)		bis 500 kW_{el} Einspeise-vergütung: 15,6 ct/kWh	11	**2.442**	**2.487**	8	**305**
			bis 5 Mw_{el} Einspeise-vergütung: 12,6 ct/kWh	8	**1.782**	**1.827**	8	**223**
			bis 20 Mw_{el} Einspeise-vergütung: 8,2 ct/kWh	4	**814**	**859**	8	**102**
		l/ha		**ct/l**				
Raps	Pflanzenöl	1.420	Steuer-vergünstigung 07 : 45 ct/l	45	**639**	**684**	3,3	**194**
	Biodiesel	1.408	Steuer-vergünstigung 07 : 38 ct/l	38	**535**	**580**	3,4	**157**
Getreide	Bioethanol	1.660	Steuerbefreiung: 65 ct/l	65	**1.079**	**1.124**	2,9	**372**
Zucker-rüben	Bioethanol	4.054	Steuerbefreiung: 65 ct/l	65	**2.635**	**2.680**	7,2	**366**

Quellen: FNR 2005b, Schmitz et al. 2006b

Was sind die eingesparten CO_2-Äquivalente bei Hanf wert? Wir setzen hier den durchschnittlichen Wert von 250 €/t für die energetische Nutzung an. Da Hanf der obigen Annahme nach etwa 3,4 t CO_2-Äquivalente pro Hektar einspart, läge die Förderung pro Hektar bei 850 € oder umgerechnet auf das Hanfstroh (durchschnittlich 6 t/ha) bei ca. 140 €/t Hanfstroh. Die Förderung pro Hektar läge bei Hanf so am unteren Ende der Förderung von Energiepflanzen *(s.o.)*.

Umrechnung bestehender Beihilfen und Förderungen

Die Faseraufschlussbetriebe erhalten für die Produktion von Kurzfasern aktuell (2007) 90,- €/t (Verarbeitungsbeihilfe, *siehe Kapitel 6.1*); wenn man diese auf den Hektar umrechnet ergeben sich pro Hektar 135 €/ha (unter der Annahme eines Ertrags von 1,5 t Fasern pro Hektar).

Ebenso ist es möglich, die Förderung durch das Markteinführungsprogramm für Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen *(vgl. Kapitel 4.4.3)*. Natureplus® zertifizierte Hanfdämmstoffe werden in diesem Programm, das Ende 2007 ausläuft, mit 35 € je Kubikmeter Dämmstoff unterstützt. Eine Tonne Hanffasern entspricht etwa 28,5 m^3 und die Förderung damit umgerechnet knapp 1.000 €/t und 1.500 €/ha.

Biokunststoffe

Abschließend seien zum Vergleich noch erste Werte für Biokunststoffe diskutiert. Laut Reske 2007 sparen typische Biokunststoffe aus Stärke 4 bis 8 t CO_2-Äquivalente pro Hektar. Setzt man die oben hergeleitete durchschnittliche Förderung der energetischen Nutzung (250 €/t) an, so ergibt sich für Biokunststoffe aus Stärke eine Förderung von 1.000 bis 2.000 €/ha.

Tabelle 46: Vergleich der Förderungen von Energiepflanzen, Hanf/Flachs und Biokunststoffen

NaWaRo	Eingesparte CO_2-Äquivalente in Tonnen pro Hektar (netto)	Förderung in € pro eingesparten CO_2-Äquivalenten (netto)	Förderung in € pro Hektar
Energiepflanzen (Förderung: ungewichteter Durchschnitt aus Tabelle 45)	5 (real)	250 (real)	1.600 (real)
Hanf / Flachs	3,4 (bei Substitution von Glasfasern, *vgl. Tabelle 44*)	ohne allgemeine Förderung der „stofflichen Nutzung" in Deutschland: 0 (real) bei Gleichbehandlung wie Energiepflanzen: 250	ohne allgemeine Förderung der „stofflichen Nutzung" in Deutschland: 0 (real) bei Gleichbehandlung wie Energiepflanzen: 850
Hanf / Flachs unter Anrechnung der EU-Verarbeitungsbeihilfe (Wirtschaftsjahr 2007/2008)	3,4 (bei Substitution von Glasfasern, *vgl. Tabelle 44*)	40 (real)	135 (real)
Hanf / Flachs unter Anrechnung der Förderung durch das Markteinführungsprogramm Dämmstoffe (läuft 2007 aus)	3,4 (bei Substitution von Glasfasern, *vgl. Tabelle 44*)	440 (real)	1.500 (real) Bei Nutzung als zertifizierter Dämmstoff
Biokunststoffe aus Stärke	4 – 8 (bei Substitution von petrochemischen Kunststoffen)	ohne allgemeine Förderung der „stofflichen Nutzung" in Deutschland: 0 (real) bei Gleichbehandlung wie Energiepflanzen: 250	ohne allgemeine Förderung der „stofflichen Nutzung" in Deutschland: 0 (real) bei Gleichbehandlung wie Energiepflanzen: 1.000 – 2.000

Aus der Zusammenstellung in Tabelle 46 können eine Reihe von Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die eingesparten CO_2-Äquivalente per Hektar liegen für Energiepflanzen, Hanf und Flachs sowie Biokunststoffe aus Stärke in derselben Größenordnung.

- Ohne Sonderbeihilfen *(s.u.)* liegen die reale Förderungen für Hanf und Flachs sowie Biokunststoffe aus Stärke bei „0" – es gibt keine allgemeine Förderung der „stofflichen Nutzung" in Deutschland.

Setzt man die durchschnittliche Förderung von Energiepflanzen pro eingesparten CO_2-Äquivalenten (netto) auch für Hanf/Flachs und Biokunststoffe an, so ergeben sich pro Hektar vergleichbare oder sogar niedrigere Förderungen als bei Energiepflanzen.

- Rechnet man die (noch) existierende EU-Verarbeitungsbeihilfe für Hanf- bzw. Flachs-Kurzfasern auf die Fläche bzw. die eingesparten CO_2-Äquivalente um, so ergibt sich eine deutlich geringere Förderung als bei Energiepflanzen. Die Verarbeitungsbeihilfe stellt also keinen ausreichenden Ausgleich dar. Ihr Wegfall würde die Schieflage in der Förderung aber noch verstärken.

- Rechnet man die Ende 2007 auslaufende Förderung durch das Markteinführungsprogramm für Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen auf die Fläche bzw. die eingesparten CO_2-Äquivalente um, so ergibt sich eine erhebliche Förderung für Naturfasern für diese Anwendung, welche der Förderung von Energiepflanzen entspricht (pro Hektar) bzw. sogar übertrifft (eingesparte CO_2-Äquivalente). Der Erfolg dieses Programms zeigt, dass eine Förderung in dieser Größenordnung die erwünschten Effekte erzielt.

- Biokunststoffen aus Stärke und Naturfasern ab 2008 (nach Auslaufen des Markteinführungsprogramms) fehlen Förderungen, die das Ungleichgewicht zu Energiepflanzen ausgleichen.

- Erfolg und Größenordnung der Förderung durch das Markteinführungsprogramm Dämmstoffe legen den Schluss nahe, dass eine Förderung pro CO_2 bzw. pro Hektar, wie sie Energiepflanzen erhalten, auch für die stoffliche Nutzung erforderlich ist, um diese zu ähnlichen Erfolgen zu führen wie die energetische Nutzung.

Es sei hier noch einmal erwähnt, dass es sich hier um erste und grundsätzliche Überlegungen handelt, die mit beispielhaften Zahlen hinterlegt sind und eine neue Diskussion der Struktur der Förderung im stofflichen und energetischen Bereich anregen sollen. Eine umfassende Analyse müsste die Daten überprüfen und ggf. neu berechnen, um wirklich belastbare Zahlen zu erhalten. An den grundsätzlichen Aussagen und Schlussfolgerungen dürfte dies allerdings wenig ändern.

Wer soll die Förderung erhalten?

Die Förderung für Hanf bzw. Flachs könnte als Direktzahlung oder Steuergutschrift an den Faseraufschlussbetrieb gehen – pro verarbeiteter Strohmenge oder entsprechender Anbaufläche. Der Aufschlussbetrieb kann diese Förderung dazu verwenden, seine Naturfaser-Marktpreise zu senken, um gegenüber Naturfaserimporten konkurrenzfähiger zu sein und um den Landwirten mehr für das Flachs- bzw. Hanfstroh zu bezahlen, so dass deren Deckungsbeiträge auf dem Niveau von Energiepflanzen liegen *(vgl. Kapitel 2.1)*.

Die vorgeschlagene Förderung, basierend auf eingesparten CO_2-Äquivalenten, würde für Hanf und Flachs sowohl das Problem der Flächenkonkurrenz gegenüber Energiepflanzen um die höchsten Deckungsbeiträge lösen als auch die Konkurrenzsituation gegenüber exotischen Fasern verbessern und insgesamt eine kontinuierliche Pro-duktionsausweitung ermöglichen.

Hierdurch würde vor allem der „handwerkliche Fehler" der jetzigen Regelungen, die, ohne dass dies politisch beabsichtigt war, die energetische Nutzung gegenüber der stofflichen deutlich bevorzugen, überwunden.

Der hier exemplarisch für Hanf aufgezeigte Weg zu einer Förderung, die einen fairen Wettbewerb mit Energiepflanzen gewährleistet, könnte auch Grundlage für die Förderung anderer stofflich genutzter nachwachsender Rohstoffe sein:

1. Welches sind die typischen stofflichen Anwendungen für den nachwachsenden Rohstoff?

2. Welche konventionellen Materialien werden in den typischen stofflichen Anwendungen substituiert?

3. Wieviel CO_2-Äquivalente werden gegenüber diesen konventionellen Materialien in den typischen Anwendungen eingespart (pro Menge oder Anbaufläche)?

4. Wieviel CO_2-Äquivalente werden durchschnittlich bei dem betrachteten nachwachsenden Rohstoffe eingespart (Mittelung über Anwendungen und Substitute, gemittelt über Marktanteile)?

5. Welchen Wert haben die eingesparten CO_2-Äquivalente? (hier könnte man generell die oben genannten 250 €/t eingesparte CO_2-Äquivalente ansetzen bzw. angepasste Werte, wenn es zu einer Überarbeitung der Förderung für Energiepflanzen kommen sollte.)

6. Hieraus ergibt sich dann unmittelbar die Förderung pro Hektar bzw. Menge des nachwachsenden Rohstoffs.

Ein solcher Ansatz könnte zu einem starken Anstieg der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe führen, verbunden mit einer entsprechenden Rohstoff- und CO_2-Einsparung wie bei Energiepflanzen.

Sonstige Förderempfehlungen

Müssig & Carus 2007 haben eine Reihe konkreter Förderempfehlungen für die Entwicklung der Flachs- und Hanfwirtschaft vor allem auf Ebene der Projektförderungen entwickelt. Diese sollen hier kurz zusammengefasst werden; näher Interessierten wird die Lektüre der umfassenden Studie empfohlen.

Übergreifende Maßnahmen

- **Förderung nachhaltiger, regionaler Wertschöpfung**
  Solche Projekte sollten Vorrang haben, die auf einheimische Rohstoffe mit hoher regionaler Wertschöpfung ausgerichtet sind.

- **Einflussnahme auf Reglementierungen**
  Flankierende Maßnahmen wären „z.B. Einsatzverpflichtungen in Teilbereichen; Markteinführungsprogramme; reduzierter Umsatzsteuer-Satz; Zuschüsse für Unternehmen, die auf Bio-Polymerwerkstoffe bzw. NFK umstellen wollen; entsprechende Ausgestaltung der VVO, Bioabfall-VO, Altauto-Richtlinie etc.“

- **Unterstützung bei Kommunikation und Know-how-Transfer**
  „Verringerung der Wissenslücken bei Öffentlichkeit und kunststoffverarbeitender Industrie“, ... Markteinführung, ... Qualitätstandards.

- **Optimierung von Produktions- und Handelsstrukturen**
  „Unterstützung der Vergrößerung der Produktions- und Handelsstrukturen durch Förderung von Kooperationen bzw. Zusammen-

schlüssen von Betrieben mit subkritischer Größe“, Vermeidung einer weiteren Zersplitterung der Branche.

Maßnahmen speziell für Naturfasern und naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK)

- **Überwindung struktureller Defizite**
  „Größtes Hemmnis für die Entwicklung der deutschen Naturfaserwirtschaft sind ihre geringe Größe und Struktur. ... Projekte, die die Größe und Struktur der NF-Branche verbessern, um z.B. durch Kooperationen und Zusammenschlüsse marktkonforme Betriebsgrößen zu erreichen, sollten gefördert werden. Hierzu gehören auch Vorhaben wie gemeinsame Markteinführungen bzw. Kommunikationsmaßnahmen, gemeinsame Qualitätsstandards oder Plattformen, die es den KMU erlauben, sich als zuverlässige Partner der Industrie etablieren zu können.“

- **Optimierung von Anbau und Ernte**
  „Gezielte Verbesserung der Anbau, Röst-, Ernt- und Nacherntеprozesse zur Erhöhung der Faserqualität und vor allem der Erträge und Faserausbeuten.“

- **Verbesserung industrieller Faseraufschlussverfahren**
  „Auch die zurzeit besten Anlagen haben noch erhebliche Steigerungspotenziale. Es erscheint erheblich effizienter und vor allem risikoärmer, dieses Potenzial zu erschließen als Labor- oder Pilotanlagen mit neuen Konzepten zu fördern.“

- **Weiterentwicklung von Verfahren der Kunststoff-Verarbeitungstechnik**
  „Flaschenhals NF-Compoundierung/Faserzufuhr (für Spritzgießen, Extrusion & Fließpressen): Faserdosierung für einheimische NF lösen, preiswerte Optimierung der Schlagzähigkeit, branchenübliche Werkstoffdokumentation. ... Verbesserung der Berechenbarkeit.“

- **Entwicklung und Markteinführung von NFK-Produkten**
  „In praxisnahen Projekten soll die Entwicklung und Markteinführung NFK- und WPC-Produkten unterstützt werden. ... Schwerpunkte sind dabei die Automobilindustrie (Innen- und Außenanwendun-

gen) sowie der große Bereich der Konsumgüterartikel. Andere Anwendungen sollten nur sehr selektiv gefördert werden."

7.3 Steckbrief Flachs und Hanf – Warum Flachs und Hanf eine Zukunft haben sollten

In den Kapiteln 7.1. und 7.2 wurde diskutiert, wie man die Flachs- und Hanfwirtschaft zielgerichtet weiter entwickeln und fördern könnte und sollte. Warum aber sind Flachs und Hanf erhaltenswerte und ausbauwürdige Kulturen, für die sich diese Maßnahmen lohnen?

Da es in diesem Buch vor allem um die Betrachtung der Märkte ging, sind insbesondere die Bereiche „Agrareigenschaften" und „Ökologie" zu kurz gekommen, beide wurden meist nur in Kapiteln mit anderen Schwerpunkten gestreift *(Kapitel 2.1, 2.2 und 7.2)*, obwohl sie bei der Gesamtbewertung der Pflanzen eine wichtige Rolle spielen.

Dieses abschließende Kapitel soll daher steckbriefartig die wichtigsten Eigenschaften der alten Kulturpflanzen Flachs und Hanf zusammenfassen, inkl. ihrer Agrareigenschaften und ökologischen Vorteile. Der Bedeutung in Deutschland entsprechend wird der Hanf ausführlicher als der Flachs dargestellt.

Agrareigenschaften Hanf

+ Robuste, selbstverträgliche Pflanze, gut an das mitteleuropäische Klima angepasst

+ Schnelles Wachstum (bis zu 4 m in 100 Tagen), vergleichsweise hohe Biomasseerträge (bis zu 9 – 10 t Trockenmasse pro Hektar im kommerziellen Anbau), auch bei maßvoller Düngung

+ Starke Unterdrückung von Un-/Beikräutern durch schnelles und dichtes Wachstum, vollständiger Verzicht auf Herbizide

+ Kaum anfällig für Schädlingsbefall; in der Regel wird auch im Nicht-Öko-Anbau komplett auf Pflanzenschutzmittel verzichtet

+ Boden verbessernd, fördert die Gare, hinterlässt den Ackerboden unkrautfrei und aufgelockert; Ertragssteigerungen bei den Folgekulturen

+ Gut zur Erweiterung der Fruchtfolge als Vor- und Zwischenfrucht geeignet, ebenso wie als „Pionierpflanze“ zur Urbarmachung; trägt zum Erhalt der Biodiversität bei

o (ohne Wertung) Beim Anbau wenig arbeitsintensiv

o (ohne Wertung) Ohne ausreichende Wasserversorgung Ertragseinbußen, die aber geringer als beim Mais ausfallen

– Aufgrund der Pflanzengröße und der Wickelfreudigkeit und Reißfestigkeit der Fasern sind bei Ernte und Weiterverarbeitung Spezialmaschinen oder modifizierte Maschinen erforderlich

– Mehraufwand durch Einhaltung der THC-Regularien

Agrareigenschaften Flachs

+ Gut zur Erweiterung der Fruchtfolge als Vor- und Zwischenfrucht geeignet; trägt zum Erhalt der Biodiversität bei

+ Hoher Vorfruchtwert

+ Geringe Ansprüche an Düngung

o (ohne Wertung) Im Anbau relativ arbeitsintensiv

– Keine sehr robuste Pflanze, geringe Selbstverträglichkeit

– Beim Anbau werden in der Regel Herbizide eingesetzt, um Un-/Beikräuter zu unterdrücken, teilweise auch weitere Pflanzenschutzmittel

– Aufgrund der Wickelfreudigkeit und Reißfestigkeit der Fasern sind bei Ernte und Weiterverarbeitung Spezialmaschinen oder modifizierte Maschinen erforderlich, dies gilt umso mehr, wenn der Flachs für die Langfaserverarbeitung in Parallellage verarbeitet wird.

Regionale Wertschöpfung und Arbeitsplätze

- Flachs- und Hanf erbringen im Vergleich zu anderen Kulturen eine relativ hohe regionale Wertschöpfung, da die Lagerung und Weiterverarbeitung – Faseraufschluss und meist weitere Stufen der Prozessketten Fasern und Schäben – meist in unmittelbarer Nähe zum Anbau erfolgen.

- Laut Renault 2005 führen Flachs und Hanf in der EU pro Hektar zu mehr Arbeitsplätzen als z.B. Weizen: „Almost 800 jobs in agriculture (4 times as much as 1 ha wheat) in almost 10.000 farms. 2.000 jobs (5 times as much as 1 ha wheat) in the first processing industry (EU 15), in about one hundred companies."

- Nach Ernst & Young 2005 werden pro Hektar folgende Arbeitszeiten benötigt: Der Getreideanbau braucht etwa 4 Stunden im Gegensatz zu ca. 12 Stunden für Flachs und 8 Stunden für Hanf. Diese Differenz erklärt sich durch den Ernteaufwand, der bei Hanf und insbesondere bei Flachs erheblich höher als bei Weizen ist.

- Ähnliches gilt für die Erstverarbeitung, die Ernst & Young 2005 ebenfalls analysiert haben: „Die Ergebnisse diese Vergleichs haben gezeigt, dass Flachs und Hanf jeweils 5- bzw. 2,3-mal mehr Arbeitskräfte in der Erstverarbeitungsphase als Getreide benötigen. Daher ist die Auswirkung auf die Arbeitsplätze auch hier sehr positiv. Schließlich hat die Analyse im Rahmen der Flachs- und Hanf-Erzeugungsgebiete ergeben, dass die Flachs- und Hanferzeugung in eher ländlichen Regionen angesiedelt ist, wo sie eine sehr wichtige Rolle im wirtschaftlichen und sozialem Umfeld spielt." *(Anmerkung: Gemeint sind hier vor allem die traditionellen Anbaugebiete in Frankreich und Belgien)*

Ökologie

- Insbesondere Hanf zeigt sehr gute ökologische Eigenschaften im Anbau *(s.o.)* und eignet sich gut für eine nachhaltige, ökologische Landwirtschaft. Der Mehraufwand für kontrolliert biologischen Anbau ist im Vergleich zu anderen Kulturen sehr gering. Aber selbst im konventionellen Anbau wird in der Regel vollständig auf Pflanzenschutzmittel verzichtet, die Rohstoffe sind ohne Mühe frei von Schadstoffen zu halten.

- Ernst & Young 2005 schreiben: „Der Hanfanbau ist traditionell mit einem umweltbewussten Anbau verbunden.“ Hanf benötigt viel weniger Input als andere Kulturen: Geringer Düngemitteleinsatz, Verzicht auf Pflanzenschutzmittel, relativ wenig Wasser.

- Eine Vielzahl von Öko-, Sach- und Energiebilanzen, die in den letzten zehn Jahren in Deutschland, Frankreich, Großbritannien oder auch Nordamerika durchgeführt wurden, haben für eine Reihe unterschiedlicher Produktlinien eindeutige ökologische Vorteile für Produkte aus Flachs und Hanf ergeben. Die meisten Studien wurden zu Hanf in technischen Anwendungen durchgeführt.

- Zu diesen Produktlinien zählen u.a.: Hanf- statt Glasfasern in Verbundwerkstoffen und Dämmstoffen, Hanf- und Flachsfasern statt Baumwolle in der Textilindustrie, Hanfschäben statt konventionelle Baumaterialien im Hausbau.

- Karus et al. 2006a zu NFK: „Unter’m Strich: naturfaserverstärkte Kunststoffe entlasten die Umwelt, schonen die endlichen Ressourcen und vermeiden CO_2-Emissionen. Setzt man zusätzlich Biopolymere ein, kann die Gesamtbilanz der neuen Werkstoffe weiter verbessert werden.“

Wertvolle und innovative Roh- und Werkstoffe für die „Rohstoffwende

- Flachs und Hanf liefern bei guten Erträgen qualitativ hochwertige Naturfasern, die mit ihren mechanischen Eigenschaften zu den weltweit besten Naturfasern überhaupt zählen.

- Bei der „Rohstoffwende“, dem Übergang der Rohstoff- und Werkstoffversorgung von fossilen zu nachwachsenden Rohstoffen, spielen Naturfasern eine herausragende Rolle: Neben Biopolymeren und Holz stellen Naturfasern die dritte Säule der neuen Werkstoffgeneration dar. Sie können vielfältig in innovativen Werkstoffkonzepten eingesetzt werden. Besonders interessant sind Naturfasern im Verbund mit Bio-Polymeren, deren Eigenschaftsspektrum sie erheblich erweitern können.

- Mit Holzwerkstoffen, Bio-Polymeren und Naturfasern können ein Großteil der heutigen Kunststoffe und Kunststoff-Compounds ersetzt werden, ebenso wie ein Teil der metallischen Werkstoffe.

- Schon heute werden in der EU ca. 100.000 t Naturfasern (ohne Baumwolle und Holz) in technischen Anwendungen – vor allem Zellstoff und Papier, Verbundwerkstoffe und Dämmstoffe – verarbeitet, Tendenz steigend.

Ökonomie

- Flachs und Hanf haben sich in den letzten zehn Jahren trotz erheblicher Konkurrenz gegenüber Naturfasern aus Asien, Afrika und Südamerika, einer vergleichsweise nur geringen Förderung sowie ohne jegliche Schutzzölle am Markt behaupten können. Würde man die CO_2-Einsparungen durch Flachs und Hanf finanziell ähnlich belohnen wie bei Energiepflanzen, würde sich die Konkurrenzsituation weiter verbessern.

- Flachs- und Hanffasern sind gegenüber neuen Werkstoffen wie Bio-Polymeren aus biotechnologischen Anlagen und Bioraffinerien, die aktuell stark gefördert werden, sehr preisgünstig (z.B. 0,60 €/kg). Flachs und Hanf sollten bei der Förderung dieser Bio-Werkstoffe nicht übersehen werden; sie sind selbst Bio-Werkstoffe, ihre Produktion erfolgt in der Pflanze selbst und sie stellen in einigen Anwendungen preisgünstige Alternativen zu neuen Bio-Werkstoffen dar, in anderen Anwendungen können sie diese in Werkstoffkombinationen ergänzen, optimieren und preislich attraktiver gestalten.

Flachs und Hanf sind gut für die Landwirtschaft, für die regionale Wertschöpfung, für die Umwelt und für die Produktion von innovativen Bio-Werkstoffen für die „Rohstoffwende"!

8. Anhang

Firmenverzeichnis

Automobil-Zulieferer mit Naturfaser-Erfahrungen

Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG
96450 Coburg
www.brose.net

Faurecia
76767 Hagenbach
www.faurecia.com

FunderMax GmbH
A-9300 St. Veit/Glan
www.fundermax.com

Julius Heywinkel GmbH
49565 Bramsche
www.heytex.de

Johann Borgers GmbH & Co. KG
46397 Bocholt
www.borgers.de

Johnson Controls Interiors GmbH & Co. KG
71131 Jettingen
www.johnsoncontrols.com

Lear Corporation GmbH & Co. KG
85560 Ebersberg
www.lear.com

Lisa Dräxlmaier GmbH
84137 Vilsbiburg
www.draexlmaier.de

Molan-Werk Dittrich GmbH & Co. KG
28307 Bremen
www.molan.de

MöllerTech International GmbH
33649 Bielefeld
www.moellergroup.de

Polytec Holding AG
A-4063 Hörsching
www.polytec-group.com

Rieter Management AG
CH-8406 Winterthur
www.rieter.com

Rowa GmbH
25421 Pinneberg
www.rowa-group.com

Röchling Automotive AG & Co. KG
68165 Mannheim
www.seeber.de

Visteon Deutschland GmbH
Ingolstadt, München, Wolfsburg
www.visteon.com

Faseraufschluss-Anlagen

Temafa Maschinenfabrik GmbH
51469 Bergisch Gladbach
www.temafa.com
(Faseraufschluss)

LAROCHE S.A.
F-69470 COURS LA
www.laroche.fr

Van Dommele Engineering
B-8560 Gullegem
www.vandommele.be

Faseraufschlussbetriebe und Faserhändler

AGROFIBRE SAS
F-31220 MARTRES-TOLOSANE
www.agrofibre.com

Badische Naturfaseraufbereitung GmbH (BaFa)
76316 Malsch
www.bafa-gmbh.de

CANABIA, a.s.
CZ-69501 Hodonín
www.canabia.cz

Gruppo Fibranova s.r.l.
I-56030 Perignano
www.gruppofibranova.it

HempFlax BV
NL-9665 AL Oude Pekela
www.hempflax.com

Hemcore Ltd
UK-CM22 7PJ Hertfordshire
www.hemcore.com

Holstein Flachs GmbH
23795 Mielsdorf
www.holstein-flachs.de

JSC „Linolitas“
LT-4316 Garliava
www.linolitas.lt

La Chanvrière de l’Aube (LCDA)
F-10208 Bar Sur Aube
www.chanvre.oxatis.com

NAFGO GmbH
27801 Dötlingen - Neerstedt
www.nafgo.de

PROCOTEX Corporation SA
B-7711 Mouscron Dottignies
www.procotex.com

SachsenLeinen GmbH
08396 Waldenburg
www.sachsenleinen.de

SANECO
F-59850 Nieppe
www.saneco.com

Wilhelm G. Clasen
20457 Hamburg
www.wgc.de

Forschung und Entwicklung, Naturfasern und Anwendungen

Brandenburgische Technische Universität Cottbus
03046 Cottbus
www.tu-cottbus.de

Faserinstitut Bremen e.V. (FIBRE)
28359 Bremen
www.faserinstitut.de

FH Braunschweig/Wolfenbuettel – Institut für Recycling
38440 Wolfsburg
www.fh-wolfsburg.de/cms/de/fb/p/ifr

Fraunhofer-Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut - WKI
38108 Braunschweig
www.wki.fraunhofer.de

Hochschule Bremen/BIONIK
28199 Bremen
www.hs-bremen.de

IGLU Ingenieurgemeinschaft für Landwirtschaft und Umwelt
37073 Göttingen
www.iglu-goettingen.de

Institut für angewandte Forschung (IAF)
72762 Reutlingen
www.fh-reutlingen.de

Institut für Agrartechnik
14469 Potsdam
www.atb-potsdam.de

M-Base GmbH
52068 Aachen
www.m-base.de

nova-institut GmbH
50354 Hürth
www.nova-institut.de/nr

Sperlich Consulting GmbH
37087 Göttingen
www.sperlich-consulting.de

Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V.
07407 Rudolstadt
www.titk.de

TU Clausthal – Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik
38678 Clausthal-Zellerfeld
www.puk.tu-clausthal.de

TU Kaiserslautern – Institut für Verbundwerkstoffe GmbH
67663 Kaiserslautern
www.ivw-kl.de

Upper Austrian Research GmbH (UAR)
A-4020 Linz
www.uar.at

Westsächsische Hochschule Zwickau
08056 Zwickau
www.fh-zwickau.de

Lebensmittel

Chiron – W. Misslisch – L. Stury GbR
88487 Baltringen
www.urspruengliche-lebensmittel.de

Hanf & Natur
51709 Marienheide
www.hanf-natur.com

Hempro Int. e.K.
40470 Düsseldorf
www.hempro.com

Naturfaser-Dämmstoffe

Dieter Fellerhoff Naturdämmstoffe
46325 Borken-Weseke
www.canafloc.de

Deutsche Heraklith GmbH
84359 Simbach am Inn
www.heraklith.com

EuroHanf
A-8510 Stainz
www.eurohanf.com

Flachshaus GmbH
16928 Falkenhagen (Pritzwalk)
www.flachshaus.de

Hanf-Faser-Fabrik Uckermark
17291 Prenzlau
www.hanffaser.de

Hock Vertriebs-GmbH & Co. KG
86720 Nördlingen
www.thermo-hanf.de

PAVATEX GmbH
88299 Leutkirch
www.pavatex.de

PMG Geotex GmbH
09117 Chemnitz
www.pmg-geotex.de

STEICO AG
85622 Feldkirchen
www.steico.com

thermo-plastic Eiberger GmbH
73453 Abtsgmünd
www.daemmungstechnik.de

Naturfaserverstärkte Kunststoffe

AFT Plasturgie
F-21121 Fontaine les Dijon
www.aft-plasturgie.com

Amorim Deutschland GmbH & Co. KG
27751 Delmenhorst
www.amorim-industrial.de

Biowert Industrie GmbH
64395 Brensbach
www.biowert.de

Dr. Pohl Textil- und Thermoplast GmbH
03149 Forst
www.drpohl-thermoplast.de

FiberGran GmbH & Co. KG
02899 Ostritz/ OT Leuba
www.fibergran.de

FKuR Kunststoff GmbH
47877 Willich
www.fkur.com

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
46047 Oberhausen
www.umsicht.fraunhofer.de

GreenGran
NL-6700 AA Wageningen
www.greengran.com

Holstein Flachs GmbH
23795 Mielsdorf
www.holstein-flachs.de

Jakob Winter GmbH
64569 Nauheim
www.jakob-winter.de

Linotech GmbH & Co. KG
08396 Waldenburg
www.linotech.de

MöllerTech GmbH
33649 Bielefeld
www.moellergroup.com

PMG Geotex GmbH
09117 Chemnitz
www.pmg-geotex.de

Tecnaro GmbH
74360 Ilsfeld-Auenstein
www.tecnaro.de

Walter Zink GmbH
89343 Jettingen-Scheppach
www.zink-burgau.de

Verbände

Arbeitsgemeinschaft für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen e.V. (ADNR)
06317 Amsdorf
www.adnr.info

CELC – MASTERS OF LINEN
F-*75001 Paris*
www.mastersoflinen.com

Deutscher Naturfaserverband e.V. (DNV)
08396 Waldenburg
www.naturfaserverband.de

European Industrial Hemp Association (EIHA)
50354 Hürth
www.eiha.org

Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V. (AVK)
60329 Frankfurt
www.avk-frankfurt.de

Vlies- und Filzleger

August Beyer GmbH & Co. KG
48477 Hörstel-Bevergern
www.beyer-fasern.de

BioFormTex
60792 Zehdenick
www.bioformtex.de

bo | systems GmbH
36205 Sontra
www.bo-systems.com

Famatec GmbH & Co. KG
16278 Angermünde

Filzfabrik Fulda GmbH & Co KG
36035 Fulda
www.fff-fulda.de

Franz Beyer GmbH & Co. KG
48477 Hörstel-Bevergern
www.polyvlies.de

J. Dittrich & Söhne Vliesstoffwerk GmbH
66877 Ramstein-Miesenbach
www.dittrichvliesstoffe.de

Mühlmeier GmbH & Co. KG
95671 Bärnau
www.muehlmeier.de

Quadrant AG
CH-8001 Zürich
www.quadrant.ch

Tangerding Bocholt GmbH
46395 Bocholt
www.tangerding.com

Techni Lin S.A.
F-76192 Yvetot

Wood-Plastic-Composites

JELU WERK Josef Ehrler GmbH & Co. KG
73494 Rosenberg
www.jelu.de

J. Rettenmaier & Söhne GmbH+Co. KG
73494 Rosenberg
www.jrs.de

KOSCHE Profilummantelung GmbH
53804 Much
www.kosche.de

ProPolyTec GmbH
96215 Lichtenfels
www.pro-poly-tec.de

WERZALIT GmbH & Co. KG
71720 Oberstenfeld
www.werzalit.de

Zellstoff und Papier

Büttenpapierfabrik Gmund GmbH & Co. KG
83701 Gmund am Tegernsee
www.gmund.com

Papierfabrik Louisenthal GmbH
83701 Gmund am Tegernsee
www.louisenthal.de

Zuständige Bundes- und Landesinstitutionen

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)
10117 Berlin
www.bmelv.de

C.A.R.M.E.N. e.V. (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk)
94315 Straubing
www.carmen-ev.de

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
53179 Bonn
www.ble.de

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
18276 Gülzow
www.fnr.de

Sortenliste

Beihilfefähige Faserhanfsorten

Anlage 4 · Stand: April 2007

a.

Beniko	Fibranova
Carmagnola	Fibrimon 24
Cs	Futura 75
Delta-Ilosa	Juso 14
Delta 405	Kompolti
Dioica 88	Red Petiole
Epsilon 68	Santhica 23
Fedora 17	Santhica 27
Felina 32	Silesia
Felina 34 – Félina 34	Uso 31
Ferimon – Férimon	

b. Für das Wirtschaftsjahr 2007/2008 zugelassene Faserhanfsorten

Bialobrzeskie	Fibriko TC
Chamaeleon(1)	Kompolti hybrid TC
Cannakomp	Lipko
Denise(2)	Tiborszállási(1)
Diana(2)	UNIKO-B
Fasamo	Zenit(2)

(1) *für das Wirtschaftjahr 2007/2008 im Rahmen des Verfahren B des Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 796/2004 zugelassen*

(2) *Anbau nur in Rumänien zugelassen*

Literaturverzeichnis

ADNR 2004: *Statistische Angaben der Arbeitsgemeinschaft für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen e.V. (www.adnr.info).*

ANDI 2005: *Evaluation study on the hemp and flax common market organisation. Vortrag von Christian Renault (AND-International) auf der 3. EIHA-Konferenz in Hürth am 29.11.2005.*

Appel, L. (Chanvre-Info) 2005: *Ätherisches Hanföl – ein kostbares Naturprodukt; erschienen auf www.chanvre-info.ch 11. Juli 2005.*

AVK 2004: *AVK-TV Handbuch. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Verstärkte Kunststoffe – Technische Vereinigung e.V. (AVK) (www.avk-tv.de), Frankfurt 2004.*

BaFa 2006 (Badische Naturfaseraufbereitung): *Produktinformationen BaFa-Hanf-Briketts, auf: www.bafa-gmbh.de. Stand: Mai 2006.*

Batra, S. K. 1998: *Other long vegetable fibers. Chapter 8. In: Lewin, M. (Ed.); Pearce, E. (Ed.): Handbook of fiber chemistry. – 2nd ed., rev. and expanded. New York, NY [a.o.] : Marcel Dekker, 1998 (International fiber science and technology series; 15), (ISBN 0-8247-9471-0), S. 505-575.*

Bauinfo24 2006: *„Hanf als echte Alternative", auf: http://bauinfo24.de/thema~folder~1~branche~0~letter~~news~649.asp, Stand: Oktober 2006.*

Baur, E. 2004: *„Portal für naturfaserverstärkte Kunststoffe". Kunststoffe 4/2004, S. 69 – 71.*

BdW 2007: *Bild der Wissenschaft, 2/2007, S. 10.*

Beckmann, F. (Möller Group) 2006: *Persönliche Mitteilung von Friedhelm Beckmann im Jahr 2006.*

Berdanier, C.D. 1995: *Advanced Nutrition: Makronutrients. CRC-Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, 1995.*

BgVV 2000: *Pressemitteilung des Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) vom 16.03.2000.*

BLE 2006a (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung): *Persönliche Mitteilungen (Isolde Pless) und Statistiken, Referat 412, Stand: August 2006.*

BLE 2006b (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung): *Merkblatt für Landwirte, die im Wirtschaftsjahr 2006/2007 (Anbau und Ernte 2006) Flachs und Hanf zur Faserherstellung anbauen, Bonn, Stand: Juni 2006.*

BLE 2006c (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung): *Information zum Anbau von Nutzhanf entsprechend dem Betäubungsmittelgesetz (BtMG), Bonn. Stand: April 2006.*

BLE 2007 (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung): *Zugelassene Flachs- u. Hanfverarbeiter, www.ble.de, Stand: April 2007.*

BMELV 2006 (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz): *Zusammenstellung des BMELV, persönliche Mitteilungen und Tabellen per E-Mail übermittelt von Frau A. Krüger von Juli bis Nov. 2006.*

BMELV 2007 (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz): *Zusammenstellung des BMELV, persönliche Mitteilung und Tabelle per E-Mail übermittelt von Frau A. Krüger im August 2007.*

Bobeth, W. (Editor) 1993: *Textile Faserstoffe – Beschaffenheit und Eigenschaft.Berlin: Springer-Verlag, 1993 (ISBN 3-540-55697-4).*

Bócsa et al. 2000: *Der Hanfanbau – Botanik, Sorten, Anbau und Ernte, Märkte und Produktlinien; vollständig überarbeitete und ergänzte zweite Auflage, Bócsa, I., Karus, M. und Lohmeyer, D., Landwirtschaftsverlag GmbH, Oktober 2000.*

Bos, H.; Müssig, J.; van den Oever, M. 2006: *Properties of Short-Flax-Fibre Reinforced Compounds. In: Composites Part A (ISSN 1359-835X), Volume 37, (2006). 1591 – 1604.*

Böttger, W. 2006: *Resin transfer moulding (RTM) with flax and hemp for new applications. Vortrag von Willem Böttger auf der 4. EIHA-Konferenz in Hürth am 22.11.2006.*

Bouloc, P. 2006a: *Persönliche Mitteilung von Pierre Bouloc im März 2006.*

Bouloc, P. 2006b: *New center of development and progress in France: New uses for natural fibres. Vortrag von Pierre Bouloc auf der 4. EIHA-Konferenz in Hürth am 22.11.2007.*

Bourguignon, T. 2004: *„Profitability Evaluation of Hemp Production in France and The Netherlands", MSc thesis report, Management Studies, Business Economics, Wageningen University. Wageningen, 2004.*

Boyeux, B. 2004 (Balthazard & Cotte Batiment): *Hemp and Lime Concrete. Vortrag von Bernard Boyeux auf der 2. EIHA-Konferenz in Hürth am 19.11.2004.*

Brueck, C. 2005 (Valentin Holzwerkstoffe/ Kosche Gruppe): *Lightweight hemp board – production and marketing. Vortrag auf der 3. EIHA-Konferenz in Hürth am 28.11.2005.*

Buck, R. 2006 (hanf & natur): *Persönliche Mitteilung von Ralf Buck im Juli 2006.*

Büttenpapierfabrik Gmund GmbH & Co. KG 2006: *Persönliche Mitteilung im September 2006.*

Callaway, J.; Schwab, U.; Harvima, I.; Halonen, P.; Mykkänen, O.; Hyvönen, Järvinen, T. 2005: *Efficacy of dietary hempseed oil in patients with atopic dermatitis; Journal of Dermatological Treatment. 2005. 16:87-94.*

C.A.R.M.E.N 2006a (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.): *Carmen e.V. – Preisentwicklung bei Holzpellets, auf www.carmen-ev.de, Stand: September 2006.*

C.A.R.M.E.N 2006b (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.): *Carmen e.V. – Kresse, Gemüse und Landschaftsbau auf und mit Flachsfaservlies, auf www.carmen-ev.de/dt/industrie/projekte/kresse/kresse.html, Stand: Oktober 2006.*

Carus, M. 2007a: *Die Suche der Industrie nach Erdöl-unabhängigen Rohstoffen. In: Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie, 10. Symposium 2007. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe", Band 30; Verlag TH MANN GmbH & Co. KG 2007.*

Carus, M. 2007b: *Biokraftstoffe im Kontext der weltweiten Energiewende. In: Tagungsband „Erster Internationaler Kongress zu Pflanzenöl-Kraftstoffen". Messe Erfurt, 6. – 7. 09. 2007.*

Carus, M.; Breuer, T.; Ortmann, S. (nova-Institut) 2007: *Untersuchung von Hanföl auf seine Eignung als Pflanzenöl-Kraftstoff (Ökonomische Analyse). Hürth, August 2007.*

Cescutti, G.; Müssig, J.; Specht, K.; Bledzki, A.K. 2006: *Injection Moulded Natural Fibre Reinforced PP-Determination of Fibre Degradation by Using Image Analysis and Prediction of the Mechanical Composites Properties. In: Universität Gh Kassel, Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff- und Recyclingtechnik (Hrsg. und Veranst.): 6th Global Wood and Natural Fibre Symposium (Kassel 2006-04-04 bis 2002-04-05). Kassel, Institut für Werkstofftechnik, 2006, S. B9-1 bis B9-11 .- Tagungsdokumentation, Paper-Nr. B9.*

Cescutti, G.; Müssig, J. 2005: *Industrielles Qualitätsmanagement – Naturfasern. In: Kunststoffe (ISSN 0023-5563), Vol. 95., 1/2005 (2005), S. 97 - 100.*

Chen, J.; Hui, E.; Ip, T.; Thompson, L.U. 2004: *„Dietary flaxseed enhances the inhibitory effect of tamoxifenon the growth of estrogen-dependent human breast cancer (mcf-7) in nude mice". Clin Cancer Res 2004;10(22):7703-11.*

Cichocki, F.R.; Thomason, J-L 2002: *Thermoelastic anisotropy of a natural fiber. In: Composites Science and Technology, 62 (2002) 5, S. 669-678.*

Clarke, R. C. 1997: *Hanf: Botanik, Anbau, Vermehrung, Züchtung. AT-Verlag, Aarau (CH), April 1997.*

CliniTox 2006: *Giftpflanzendatenbank der Universität Zürich, Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, Eintrag Linum usitatissimum, auf: www.vetpharm.unizh.ch, Stand: Oktober 2006.*

Conti, A.; Rogers, J.; Verdejo, P.; Harding, C. R.; Rawlings, A. V. 1996: *Seasonal influence on stratum corneum ceramide 1 fatty acids and the influnce of topical fatty acids. International Journal of Cosmetic Science, 18:1-12, 1996.*

Dambroth, M.; Seehuber, R. 1988: *Flachs: Züchtung, Anbau und Verarbeitung, Ulmer-Verlag, Stuttgart, 1988.*

DEPV 2006 (Deutscher Energie-Pellet-Verband e.V.): *Pelletsproduzenten erweitern Brennstoffproduktion, Pressemeldung vom 29.08.2006, auf: www.depv.de, Stand: September 2006.*

Desanlis, F. 2006 (langjähriger Hanfbauer in Frankreich): *Persönliche Mitteilung von Francois Desanlis im Juni 2006.*

Dodin, S.; Lemay, A.; Jacques, H.; Legare, F.; Forest, J.C.; Masse, B. 2005: *The effects of flaxseed dietary supplement on lipid profile, bone mineral density, and symptoms in menopausal women: a randomized, double-blind, wheat germ placebo-controlled clinical trial. J Clin Endocrinol Metab 2005;90(3):1390-7.*

Douchy, F. (Procotex) 2005: *Persönliche Mitteilung von Frederic Douchy, Procotex, im Dezember 2005.*

Drieling, A.; Bäumer, R.; Müssig, J.; Harig, H. 1999: *Möglichkeiten zur Charakterisierung von Festigkeit, Feinheit und Länge von Bastfasern. In: Technische Textilien, Jahrgang 42, Heft 4, November 1999, S. 261-262 (and E66).*

Ernst & Young 2005: *Evaluation de l'organisation commune de marché dans le secteur du lin et du chanvre", (Bewertung der gemeinsamen Marktorganisation (GMO) des Flachs- und des Hanfmarktes), AND International und Ernst & Young, Abschlussbericht, September 2005. Bei den Zitaten wurde eine eigene, deutsche Übersetzung aus dem Französischen verwendet, die im Rahmen des Projektes erstellt wurde. Hierunter können zum Teil die sprachlichen Formulierungen gelitten haben; im Zweifelsfall empfehlen wir einen Blick ins Original.*

Easychanvre 2006: *Auf: www.easychanvre.fr. Stand: Oktober 2006.*

Eicke-Henning, W. 2006: *Dämmstoffe aus Altpapier oder Naturfasern – (k)eine Alternative? In: Fraunhofer Informationszentrum Raum und Bau (IRB) (Hrsg.): Bauthema (Band 2) Naturdämmstoffe, Stuttgart, 2006.*

Eierle, B. (FH Rosenheim); Riepertinger, M. (EGGER Gruppe) 2006: *Innovative Holzwerkstoffe – Start in den Markt mit der neuen Leichtigkeit, Vortrag auf dem Kooperationsforum Innenausbau/Möbel & innenarchitektur, Rosenheim, 11. Oktober 2006.*

EIHA (European Industrial Hemp Association) 2006a: *Statistik der European Industrial Hemp Association (EIHA), Stand: Juli/ August 2006 (www.eiha.org).*

EIHA (European Industrial Hemp Association) 2006b: *Pressemitteilung „Hanfindustrie weltweit auf Expansionskurs" von 2006-12-21 (www.eiha.org).*

EIHA (European Industrial Hemp Association) 2007: *Statement of The European Industrial Hemp Association (EIHA), 2007-01-23 (www.eiha.org).*

EIHA 2007: *Schätzung des Vorstandes der European Industrial Hemp Association (EIHA), Malsch, 27. Juni 2007.*

Eisenblätter 2006 (Gerd Eisenblätter GmbH): *www.eisenblaetter.de. Stand: Juli 2006.*

Emberger, P.; Thuneke, K.; Haas, R.; Remmele, E. (TFZ) 2007: *Prüfung von Hanföl hinsichtlich seiner Eignung als Krafstoff für pflanzenöltaugliche Motoren (Technische Analyse). Straubing, April 2007.*

Erasmus, U. 1994: *Fats that heal, fats that kill. The complete guide to fats, oils, cholesterol and human health. Alived Books, Burnaby / Canada, 1994.*

EU 1992: *Verordnung (EG) Nr. 1763/1992 vom 30.6.1992.*

EU 2001: *Verordnung (EG) Nr. 587/2001 vom 26.3.2001.*

EU 2004: *Verordnung (EG) Nr. 1973/2004 vom 29.10.2004.*

Eyerer, P.; Reinhardt, H.-W. 2000: *Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden. Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung. Eyerer, P., Reinhardt, H.-W., Birkhäuser, Basel 2000.*

Fachinformationsblatt Faserpflanzen 2006: *Flachs-/Hanffasern international betrachtet. In: Deutscher Naturfaserverband e.V. Mitgliederinformationen 2006, S. 8. (www.naturfaserverband.de).*

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2006: *„Jute, Kenaf, Sisal, Abaca, Coir and Allied Fibres STATISTICS June 2006", FAO, Commodities & Trade Division, Juni 2006.*

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2006b: *„Preliminary Compendum of Statistics Jute, Kenaf, Sisal, Abaca, Coir and Allied Fibres December 2006", FAO, Commodities & Trade Division, December 2006.*

FAOSTAT 2006 (Food and Agriculture Organization of the United Nations): *Statistical Databases, auf: faostat.fao.org. Stand: 2006.*

FAOSTAT 2007: *Statistical Databases, auf: faostat.fao.org. Stand: 2007.*

Ferret 2007: *Hemp flap discs improve material abrasion. Meldung auf der Internetseite des Fachdienstes „ferret" http://www.ferret.com.au/articles/e7/0c02f6e7.asp.*

FIBRE 1994: *Bremer Baumwoll-Rundtest 1994/1 – Auswertung der Testergebnisse – Evaluation of the test results. Faserinstitut Bremen e.V. – FIBRE – Bremer Baumwollbörse (Editor): Bremen, 1994, S. 1 – 18.*

Flemming, M.; Roth, S. 2003: *Faserverbundbauweisen: Eigenschaften; mechanische, konstruktive, thermische, elektrische, ökologische, wirtschaftliche Aspekte. Berlin [a.o.]: Springer Verlag, 2003, (ISBN 3-540-00636-2), S. 3 – 4.*

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) 2005a: *Freies Bildmaterial Nachwachsender Rohstoffe, zur Verfügung gestellt im Dezember 2005.*

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) 2005b: *Basisdaten Biogas Deutschland, Stand: März 2005. Hrsg. FNR e.V., 2. überarbeitete Auflage. PDF zum Herunterladen auf www.fnr.de.*

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) 2006a: *Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, FNR e.V., Gülzow, 2006.*

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) 2006b: *Platinen aus Biomasse: Trägerplatten für Elektronikbauteile aus Lignin, Pflanzenfasern und Naturharz, Pressemitteilung der FNR vom 2006-11-07.*

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) 2006c: *Infobrief der FNR, Juli 2006.*

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) 2007: *Statistikdaten zum Anbau nachwachsender Rohstoffe auf www.fnr.de. Stand: April 2007.*

Franck, R. 2005: *Bast and other plant fibres, Hrsg. Robert R. Franck, Woodhead Publishing Limited, 2005.*

Frank, B. (Badische Naturfaseraufbereitung (BaFa)) 2006: *Persönliche Mitteilungen von Bernd Frank im Juli und August 2006.*

Frank, B. (Badische Naturfaseraufbereitung (BaFa)) 2007: *Persönliche Mitteilung von Bernd Frank im April 2006.*

Friese, C. (MeHa Dämmstoff GmbH) 2006: *Persönliche Mitteilung von C. Friese im Juni 2006.*

Fürst, A. (Chanvre-Info) 2007: *Persönliche Mitteilung von André Fürst im Januar 2007.*

GDI (Gesamtverband Dämmstoff-Industrie) 2004: *Statistische Daten zum Dämmstoffmarkt 2004.*

GDI (Gesamtverband Dämmstoff-Industrie) 2005: *Dämmstoffmarkt BAU in der BRD, GDI 2005.*

GDI (Gesamtverband Dämmstoff-Industrie) 2006: *GDI-Baumarktstatistik 2000-2005, GDI 2006.*

Gemeinsame Agrarpolitik 2007: *www.eu2007.de/de/Policy_Areas/Agriculture_and_Fisheries/ Common_agriculture_policy.html*

Graf et al. 1997: *Anbautelegramm Faserlein (Flachs). Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 1997.*

Griffith, A. A. 1920: *Philos. Trans. Roy. Soc. 221(A) (1920), S. 163 – 198.*

Grignet, J. 1981: *Microprocessor Improves Woll Fiber-Length Measurements and Extends the Application – Part I. General Description of the System and a Review of its Applications. In: Textile Research Journal, (ISSN 0040-5175), March 1981, S. 174 – 181.*

Grotenhermen, F. 2007: *Persönliche Mitteilung von Franjo Grotenhermen (nova-Institut) im Januar 2007.*

Grotenhermen, F. 2004: *Cannabis und Cannabinoide. Pharmakologie, Toxikologie und therapeutisches Potenzial. Hrsg. Franjo Grotenhermen, Göttingen: Verlag Hans Huber, 2. erweiterte und ergänzte Ausgabe, 2004.*

Grotenhermen, F. 2005: *Cannabinoids. Curr Drug Targets CNS Neurol Disord 2005; 4(5):507-530.*

Grundmann, E. 2007: *Praxiserfahrungen im Ökologischen Faserleinanbau in Hessen. Fachtagung „Faserpflanzen aus ökologischem Anbau", Kassel, 2007-06-19.*

Hahn, W. (Karl W. Niemann GmbH + Co. KG) 2006: *Persönliche Mitteilung von W. Hahn im Juli 2006.*

hanf & natur 2006: *www.hanf-natur.com. Stand: Juli 2006.*

Hanfstreu 2006: *Produktinformationen „Hundefilz", auf: www.hanfstreu.de. Stand: August 2006.*

Harig, H.; Müssig, J. 1999: *Heimische Pflanzenfasern für das Automobil. In: Harig, H.; Langenbach, C.J.: Neue Materialien für innovative Produkte – Entwicklungstrends und gesellschaftliche Relevanz. Berlin: Springer Verlag, 1999 (Wissenschaftsethik und Technik und Technikfolgenbeurteilung Bd.3); S. 235-251.*

Heger, E. (Holstein Flachs) 2006: *Persönliche Mitteilung von Egon Heger im August 2006.*

Heger, E. 2006b: *Angaben von www.flachs.de, 2006.*

Heger, E. 2007: *Persönliche Mittelung von Egon Heger, E-Mail vom 26. Juni 2007.*

Hemp, M. (Kompetenzzentrum Bauen mit Nachwachsenden Rohstoffen (KNR)) 2006: *Persönliche Mitteilung von Markus Hemp im Juli 2006.*

Herer at al. 1993: *Hemp & The Marijunana Conspiracy: The Emperor Wears No Clothes", Jack Herer, 1. Deutsche Auflage, 1993.*

Hertel, R. 2006: *Persönliche Mitteilung von Robert Hertel (GF HempAge) im Dezember 2006.*

Herzog, A. 1926: *Die Unterscheidung der Flachs- und Hanffaser. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1926.*

Hingst, W.; Mackwitz, H. 1996: *Reiz-Wäsche. Unsere Kleidung: Mode, Gifte, Öko-Look, Campus Verlag, Frankfurt 1996.*

Hinrichs, A. (Dräxlmaier) 2006: *Persönliche Mitteilung von Astrid Hinrichs im Herbst 2006.*

Hobson, J. (Hemcore) 2006: *Persönliche Mitteilungen von John Hobson im Jahr 2006.*

Hock, C. (Hock Vertriebs GmbH) 2006: *Persönliche Mitteilung von Carmen Hock im Juni 2006.*

HZ 2007: *Holz-Zentralblatt, Nr. 12, S. 326, 2007-03-23.*

IFEU 2005: *Persönliche Mitteilung von Dr. Guido Reinhardt, IFEU-Institut auf Basis von APME-Berichten im Juli 2005.*

INCB (International Narcotics Control Board) 2006: *www.incb.org, Stand: Juni 2006.*

Interconnection Consulting Group 2006a: *Dämmstoffmarkt in Deutschland auch 2005 weiter zurückgegangen. Pressemitteilung vom 03/2006, auf: www.interconnectionconsulting.com, Stand: Mai 2006.*

Interconnection Consulting Group 2006b: *Deutschlands Spitzenstellung in Europa noch ungefährdet. Pressemitteilung vom März 2006.*

Joseph P. V.; Mathew, G.; Joseph, K.; Thomas, S.; Pradeep, P. 2003: *Mechanical properties of short sisal fiber-reinforced polypropylene composites: Comparison of experimental data with theoretical predictions. In: Journal of Applied Polymer Science,ISSN: 0021-8995, Vol. 88 (3), S. 602 – 611.*

Karus, M. et al. 1996: *Das Hanfproduktlinienprojekt (HPLP). Erarbeitung von Produktlinien auf Basis von einheimischem Hanf – aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht, Michael Karus et al., Hrsg. nova-Institut, Hürth, 1996. Die Studie wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert, Projektnummer 07956.*

Karus, M. et al. 2003: *Das kleine Hanf-Lexikon, Hrsg. nova-Institut, 2. Auflage, Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2003.*

Karus, M. et al. 2003b: *Hanfsamen und Hanföl als Lebens- und Heilmittel, Hrsg. nova-Institut, 3. überarbeitete und ergänzte Auflage, Verlag Die Werkstatt, Göttingen, 2003.*

Karus, M.; Vogt, D.; Ortmann, S.; Schwill, R. 2004: *Marktreife von PP-NF-Spritzguss. Überblick über die PP-NF-Spritzguss-Technologie und ihre Eigenschaften, Hrsg. nova-Institut, Hürth, 2004.*

Karus, M. 2005: *Notizen von Michael Karus vom FAO-Workshop zum Thema Naturfasern im Dezember 2005 in London.*

Karus, M. 2006a: *Präsentationen und Diskussionen auf dem FAO-Meeting in Rom, 5. und 6. April 2006.*

Karus, M.; Ortmann, S.; Vogt, D.; Müssig, J. 2006a: *Naturfaserverstärkte Kunststoffe, Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2006.*

Karus, M. et al. 2006b: *Broschüre Roadshow PP-NF, N-FibreBase-Team (nova-Institut, M-Base, FIBRE, SSP) im März 2006, http://www.nova-institut.de/pdf/Road-Show-Broschuere.pdf.*

Karus, M.; Ortmann, S.; Gahle, Christian, G.; Pendarovski, C. 2006c: *Einsatz von Naturfasern in Verbundwerkstoffen für die Automobilproduktion in Deutschland von 1999 bis 2005, Hrsg. nova-Institut, Hürth, Dezember 2006.*

Kaufhold, C. (Valentin Holzwerkstoffe/ Kosche Gruppe) 2005: *Persönliche Mitteilung von Cécile Kaufhold im Dezember 2005.*

Kaup, M.; Karus, M. (nova-Institut GmbH) 2000: *Hanf, Flachs und andere Naturfasern für Spezialzellstoffe in der EU: Eine Marktstudie, Hrsg. nova-Institut, Hürth, September 2000.*

Koch, P. A. 1997: *Lyocell-Fasern. Faserstoff-Tabellen. In: Melliand Textilberichte, 9/97, S. 575 – 581.*

Kosche, G. (Kosche Profilummantelung GmbH) 2006: *Persönliche Mitteilung von Gerhard Kosche im August 2006.*

KR (Kölnische Rundschau) 2001: *Flachsanbau – nachgewiesener Subventionsbetrug, Meldung vom 27.10.2001, verfügbar im Nachrichtenportal www.nachwachsende-rohstoffe.info, Meldung vom 29.10.2001 (Text-ID: 20011029-01).*

Krägenow, T. 2007: *Emissionsrechtangebot wird sich verknappen. In: Financial Times Deutschland (FTD) vom 2007-08-29.*

Krüger, A. (BMELV) 2007: *Persönliche Mitteilung nach Rücksprache mit Herrn Dr. Klemm vom Futtermittelreferat im BMELV, März 2007.*

Kruse, D. (Hempro International) 2006a: *Persönliche Mitteilung von Daniel Kruse im Juli 2006.*

Kruse, D. (Hempro International) 2006b: *Hempseed as food raw material in Europe. Vortrag von Daniel Kruse auf der 4. EIHA-Konferenz in Hürth am 21.11.2006.*

Kunststoff Information Verlagsgesellschaft mbH (kiweb) 2006a: *www.kiweb.de, Stand: März 2006.*

Kunststoff Information Verlagsgesellschaft mbH (kiweb) 2006b: *www.kiweb.de, Stand: Juni 2006.*

Kunststoff Information Verlagsgesellschaft mbH (kiweb) 2007: *www.kiweb.de, Stand: September 2007.*

KWD – Informationszentrale Kunststoffe 2005: *www.kwd-online.de und KWD Nr. 1238/17.6.2005.*

Lalonde, J. (Agriculture and Agri-Food Canada) 2006: *Persönliche Mitteilung (Excel-Tabelle per E-Mail), 2006-11.*

Lemay, A.; Dodin, S.; Kadri, N.; Jacques, H.; Forest, J.C. 2002: *Flaxseed dietary supplement versus hormone replacement therapy in hypercholesterolemic menopausal women. Obstet Gynecol" 2002; 100(3):495-504.*

Leson, G. 2005: *Hemp seeds as food – recent developments in Canada and Germany. Vortrag von Gero Leson auf der 3. EIHA-Konferenz in Hürth am 28.11.2005.*

Leson, G. 2006a: *Persönliche Mitteilungen von Gero Leson von Juni bis November 2006.*

Leson, G. 2006b: *Hemp Foods in North America: Status and Joint Industry Research. In: Journal of Industrial Hemp, Volume 11, Issue 1. 2006.*

Leson, G. 2007: *Persönliche Mitteilungen von Gero Leson von Juni bis August 2007.*

Linoshop (Wolle & Leinen Manufactur Bad Segeberg Produktions- und Betriebsgesellschaft mbH) 2006: *Produktbeschreibung auf www.linoshop.de. Stand: August 2006.*

Madsen, B.; Lilholt, H. 2003: *Physical and mechanical properties of unidirectional plant fibre composites – an evaluation of the influence of porosity. In: Composites Science and Technology 63 (2003), S. 1265-1272.*

Mandasescu, S.; Mocanu, V.; Dascalita, A.M.; Haliga, R.; Nestian, I.; Stitt, P.A.; Luca, V. 2005: *Flaxseed supplementation in hyperlipidemic patients. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi, 2005; 109(3):502-6.*

MarktInnovation Hanf 1999: *Vorträge im Projekt „MarktInnovation Hanf", verfügbar unter www.nova-institut.de/nr/ -> nova-Shop.*

Matthäus, B.; Brühl, L.; Kriese, U.; Schumann, E.; Peil, A. 2001: *Hanföl: Ein „Highlight" für die Küche? Untersuchungen zur Variabilität von Hanföl verschiedener Genotypen. ForschungsReport 2/2001.*

Mediavilla, V.; Steinemann, S. (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL)) 1997:*Ätherisches Hanföl – erste Prüfung einiger Herkünfte. In: Biorohstoff Hanf 97, Tagungsband zum Symposium 27.02. – 02.03.1997 (Frankfurt), S. 539 – 541, nova-Institut (Hrsg.). Hürth 1997.*

MeHa Dämmstoff GmbH 2006: *Datenblatt MEHATUR, Stand: Mai 2006 sowie Produktinformationen auf: www.meha.de, Stand: August 2006.*

Mehlich, J. 1998: *Meßmethoden und Auswertungsverfahren zur Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften von Hanffasern. Diplomarbeit, Universität Bremen, Fachbereich Produktionstechnik, FG 12 Werkstofftechnik, durchgeführt am Faserinstitut Bremen, Januar 1998.*

Mehlich, J.; Müssig, J. 1998: *Wiederentdeckt: Naturwerkstoffe. Neue Energien, (ISSN 0949-8656), Zeitschrift des Bundesverbandes WindEnergie e.V. / Magazin für erneuerbare Energien Nr. 4 / April 1998, S. 34 – 35.*

Melisch, P. 2006: *Fax von der Normenkomission Einzelfuttermittel beim Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft vom 12.07.2006.*

Mette, C. (INVENT) 2007: *Persönliche Mitteilung von Carola Mette im September 2007.*

Meyer, K.-M. 2005: *Australien: Haus aus 2,5 Millionen Hanfpflanzen, erschienen auf www.artikel-online.de am 24. Februar 2005.*

Michaeli, W. 1999: *„Werkstoffkunde II – Kunststoffe Verarbeitung und Eigenschaften", Vorlesungsumdruck RWTH Aachen 1999.*

Misslisch, W. (CHIRON GbR) 2006: *Persönliche Mitteilung von Wolfgang Misslisch im Juli 2006.*

Misslisch, W. (CHIRON GbR) 2007: *Persönliche Mitteilung von Wolfgang Misslisch im März 2007.*

Modulor GmbH 2006: *Produktinformationen „Papier/ Pappe", auf: www.modulor.de, Stand: September 2006.*

Mullner Enterprises 2007: *Internetseite der Firma Mullner Enterprises, http://www.specialabrasives.com./plantex.htm, Stand: Februar 2007.*

Müssig, J. 2001: *Untersuchung der Eignung heimischer Pflanzenfasern für die Herstellung von naturfaserverstärkten Duroplasten – vom Anbau zum Verbundwerkstoff . VDI Verlag GmbH, Düsseldorf 2001, (Fortschritt-Bericht VDI, Reihe 5, Grund- und Werkstoffe / Kunststoffe, No. 630), (ISBN 3-18-363005-2); 214 Seiten.*

Müssig, J. 2006: *Hemp fibre reinforced bio-polymers – concepts and future trends. Vortrag auf der 4. EIHA-Konferenz in Hürth am 22.11.2007.*

Müssig, J.; Carus, M 2007: *Bio-Polymerwerkstoffe sowie holz- und naturfaserverstärkte Kunststoffe. In: Schmitz et al. 2007.*

Müssig, J.; Cescutti, G.; Fischer, H. 2006a: *Le management de la qualité appliqué à l'emploi des fibres naturelles dans l'industrie. In: Bouloc, P. (Editor): Le chanvre industriel – production et utilisations. Paris: GROUPE FRANCE AGRICOLE, 2006, (Editions France Agricole) (ISBN 2-85557-130-8), S. 235 – 269.*

Müssig, J.; Didinger, L. 2006: *Persönliche Mitteilungen von Dr.-Ing. Jörg Müssig (FIBRE) und Laura Didinger (RWTH Aachen) in 2006.*

Müssig, J.; Hoffmeister, Chr.; Schneider, Th. 2006b: *Faserverbundwerkstoffe und Formteile. In: Schmitz et al. 2006a.*

Müssig, J.; Karus, M.; Franck, R. R. 2005: *Bast and Leaf Fibre Composite Materials. In: Franck, R. R. (Editor): Bast and other plant fibres. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2005, (ISBN 1-85573-684-5), S. 345 – 376.*

Müssig, J.; Rau, S.; Herrmann, A. S. 2004: *Influence of fineness, stiffness and load-displacement characteristic of natural fibres on the properties of natural fibre-reinforced polymers. In: Journal of Natural Fibers (ISSN: 1544-0478), Volume 3, Issue 1 (2006), S. 59 – 80.*

Müssig, J.; Schmid, H. G. 2004: *Quality Control of Fibers along the Value Added Chain by Using Scanning Technique – from Fibers to the Final Product. In: Anderson, I.M. / Price, R. / Clark, E. / McKernan, S. (Editor): Microscopy AND Microanalysis 2004 (Savannah, Georgia, USA, August 1 – 5, 2004) Cambridge, New-York, Melbourne: Press Syndicate of the University of Cambridge, 2004 (Proceedings to the Conference. Microscopy and Microanalysis, Volume 10, Supplement 2, 2004) (ISSN 1431-9276 .– (2004)10+2;1-U), S. 1332CD – 1333CD.*

Nechwatal, A.; Mieck, K.-P.; Reußmann, T. 2003: *Developments in the characterization of natural fibre properties and in the use of natural fibres for composites. In: Composites Science and Technology (ISSN 0266-3538), Volume 63, (2003), S. 1273 – 1279.*

Newman, G. 2006: *Persönliche Mitteilung von Gary Newman im August 2006.*

nova-Institut 2006: *Regelmäßige Erhebung der Hanf- und Flachsfaserpreise am deutschen Markt durch Mitarbeiter des nova-Instituts. Stand: 2006.*

nova-Institut 2007: *Regelmäßige Erhebung der Hanf- und Flachsfaserpreise am deutschen Markt durch Mitarbeiter des nova-Instituts. Stand: September 2007.*

nova-Institut 2007b: *Produktkatalog Naturfaser-Spritzguss. N-FibreBase-Team (nova-Institut, M-Base, HS Bremen, SSP), Hrsg. nova-Institut, Hürth 2007. Der Produktkatalog ist Bestandteil des Projektes „Kampagne zur industriellen Etablierung von Polypropylen-Naturfaser-Spritzguss (PP-NF) und Wood-Plastic-Composites (WPC)", das von der FNR/BMELV gefördert wird (FKZ: 2201 8706).*

Nowotny, R. 2006: *Persönliche Mitteilung von Rainer Nowotny im Jahr 2006.*

NP 2000-07-17: *Brüssel: Kompromisspaket Flachs und Hanf verabschiedet. In: Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2006-07-17 (Text-ID: 20070717-01).*

NP 2001-12-05: *Altauto-Gesetz: Entwarnung für Leichtbau und nachwachsende Rohstoffe. In: Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2001-12-05 (Text-ID: 20011205-01). Die Meldung bezieht sich auf: Bundesumweltministerium (www.bmu.de) und Dr. Axel Kopp auf der EUROFORUM-Fachkonferenz am 02. Dezember 2001 in München.*

NP 2006-01-20: *Britain's Greenest Warehouse. In: Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2006-03-23 (Text-ID: 20060120-07).*

NP 2006-03-23: *NEC Releases Phone Made With Bioplastic and Kenaf. In: Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2006-03-23 (Text-ID: 20060323-09).*

NP 2006-08-11: *Nesseln im Trend – Stoffkontor Kranz stellt Anbauer unter Vertrag. In: Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2006-08-11 (Text-ID: 20060811-02).*

NP 2007-01-03: *Bioconcept Car – nachwachsende Rohstoffe im Rennsport. In: Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2007-01-03 (Text-ID: 20070103-03).*

NP 2007-02-06: *nova-Bericht: Weltweit wachsende Nachfrage nach Naturfasern. In: Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2007-02-06 (Text-ID: 20070206-03).*

NP 2007-03-21: *Förderung von Naturdämmstoffen geht weiter. In: Nachrichten-Portal www.nachwachsende-rohstoffe.info vom 2007-03-21 (Text-ID: 20070321-03).*

Öko-Test 2005: *Test – Katzenstreu, S. 102ff, Ausgabe 08-2005.*

Ortmann, S.; Schwill, R.; Karus, M.; Müssig, J. 2005: *Die kommende Werkstoffgruppe – Naturfaser-Polypropylen-Spritzgießen. In: Kunststoffe (ISSN 0023-5563), Vol. 95, 3/2005 (2005). S. 23 – 28.*

Peterek, G. 2006 (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): *Persönliche Mitteilungen von Gabriele Peterek von Juni und Juli 2006.*

Peterek, G. 2007: *Markteinführungsprogramm – Einsatz von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen (Präsentation). Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Juni 2007.*

Philipp, K. 2003: *Neuentwicklungen und Trends im Bereich von Naturfaserverbundwerkstoffen im automobilen Innenraum. In: Messe Erfurt AG (Hrsg. und Veranst.): „Werkstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen" (4. Internationale Tagung, Erfurt 2003-09-11 bis 2003-09-12), Messe Erfurt, 2003. – Tagungsdokumentation, Sektion Faserverbundwerkstoffe.*

Pless, P. 2001: *Technical and environmental assessment of thermal insulation materials from bast fiber crops, Petra Susanne Pless, University of California, 2001.*

Rapsomanikis, G. (FAO) 2007: *The Comovement of Jute and Hard Fibres Prices with the Prices of Polypropylene and Crude Oil. Consultations on Natural Fibres, FAO Headquarters, Rome, 31.01. – 01.02.2007.*

Reiche, A. (Eisenblätter GmbH) 2006: *Persönliche Mitteilung von Andreas Reiche im Juli 2006.*

Reimer, L. 2006: *Persönliche Mitteilung von Lars Reimer im Jahr 2006.*

Reinhardt, G. 2005: *Persönliche Mitteilung von Guido Reinhardt (ifeu-Institut) im Jahr 2005 auf Basis interner ifeu-Datenbanken.*

Renault, C. 2007: *Persönliche Mitteilungen von Christian Renault, AND International, Paris, Juni 2007.*

Reske, J. 2007: *Persönliche Mitteilungen von Jöran Reske im Juni 2007*

Resopal 2005: *Qwear, Hrsg. Resopal GmbH 02/2005, auf: www.resopal.de.*

Reumuth, H. 1944: *Mikroskopische Beiträge zum Flockenbastproblem. Allgemeine Textil-Zeitschrift – Zeitschrift für alle Zweige der Textilindustrie, einschließlich Band-, Spitzen- und Posamentenindustrie. Pössneck/Thür und Leipzig. 2. Jg. (1944), Heft 4, S. 100 – 114.*

Riddlestone, S.; Stott, E.; Blackburn, K.; Brighton, B. 2006: *A Technical and Economic Feasibility Study of Green Decortication of Hemp Fibre for Textile Uses. In: Journal of Industrial Hemp (ISSN: 1537-7881), Volume: 11 Issue: 2, Pub Date: 10/2/2006. S. 25 – 55.*

Riedel, U. (DLR) 2007: *Persönliche Mitteilung von Ulrich Riedel im September 2007.*

Rolandsson, H. 2006: *Persönliche Mitteilung von Hans Rolandsson, Schwedisches Zentralamt für Landwirtschaft im Dezember 2006.*

Ruys, D.; Crosky, A.; Evans, W. J. 2002: *Natural bast fibre structure. In: Int. J. of Materials & Product Technology, Vol. 17, No. 1/2, (2002), S. 2 – 10.*

SachsenLeinen e.V. 2006a: *Tiereinstreu, Produktinformationen auf www.sachsenleinen.de, Stand: Mai 2006.*

SachsenLeinen e.V. 2006b: *Persönliche Mitteilungen von Jürgen Steger, Oktober 2006 (grafische Umsetzung Dirk Sawada).*

Salamon, M. (MöllerTech) 2005: *Vortrag „AquaCell(r)", 3. N-FibreBase Kongress, Veranstalter: nova-Institut, Hotel Euromedia, Hürth, 9. & 10. Juni 2005.*

Salamon, M. (MöllerTech) 2006: *Skript zum Vortrag „AquaCell(r)", IKV-Seminar Kunststoffschäume – Neues aus Spritzgießen und Extrusion. Institut für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen, 2.-2007 September 2006.*

SBT 2001: *Schneider Bautabellen, K.-J. Schneider (Hrsg.), 14. Auflage, Werner Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf, 2001.*

SBV 2007: *Hanf als Futtermittel für Kühe weiterhin verboten, News SBV vom 19.02.2007.*

Scherübl, B. (Rieter Automotive) 2005: *Naturfaserverstärkte Kunststoffe im Automobil-Außenbereich: Im LFT-D Prozess hergestellte Unterbodenverkleidung. In: Tagungsband zur 8. Internationalen AVK-TV Tagung für verstärkte Kunststoffe und duroplastische Formmassen, Kongresshaus Baden-Baden, 27. – 28. September 2005.*

Scherübl, B. (Rieter Automotive) 2006: *Persönliche Mitteilung von Bernhard Scherübl im Juli 2006.*

Schlegelmilch, J. (Schneidersöhne) 2000: *Persönliche Mitteilung von J. Schlegelmilch im Januar 2000.*

Schmidt, U.; Vetter, A. 1997: *Anbautelegramm Hanf. Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 1997.*

Schmitz, N. et al. 2006a: *Marktanalyse – Nachwachsende Rohstoffe Teil I. Erstellt durch: meó consulting Team, Faserinstitut Bremen, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH. Hrsg. FNR e.V., Gülzow 2006.*

Schmitz, N.; Henke, J.; Klepper, G. 2006b: *Biokraftstoffe – eine vergleichende Analyse. Hrsg. FNR e.V., Gülzow 2006.*

Schmitz, N. et al. 2007: *Marktanalyse – Nachwachsende Rohstoffe Teil II. Erstellt durch: meó consulting Team, Faserinstitut Bremen, nova-Institut GmbH. Hrsg. FNR e.V., Gülzow 2007.*

Schnegelsberg, G. 1974: *Methoden zur Entwicklung einer textilspezifischen Fachsprache. In: Muttersprache, (ISSN 0525-4701), 84. Jg. Sept./Okt. 1974, S. 329 – 345, Gesellschaft für deutsche Sprache, Wiesbaden – Sonderdruck.*

Schnegelsberg, G. 1996: *Was ist Hanf? Ein Beitrag zur begrifflichen Klärung. In: Waskow, F. 1996: Hanf & Co.: Die Renaissance der heimischen Faserpflanzen. 2. überarbeitete und aktualisierte Auflage. Verlag die Werkstatt, Göttingen 1996. Hrsg.: Katalyse Institut für Angewandte Umweltforschung, (ISBN 3-89533-138-4).*

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).*

Schönfeld, U. 2005: *Halbzeugentwicklung auf der Basis nachwachsender Rohstoffe für SMC-Anwendungen. In: Tagungsband zur 8. Internationalen AVK-TV Tagung für verstärkte Kunststoffe und duroplastische Formmassen, Kongresshaus Baden-Baden, 27. – 28. September 2005.*

Schwendemann, D.; Frisk, H. 2004: *Holzfasern mit Kunststoff compoundieren. In: Kunststoffe 4/2004, S. 76 – 80.*

Seehofer, H. 2007: *Rede von Bundesminister Seehofer vor dem Ausschluss für Landwirtschaft und ländliche Entwicklung, 2007-01-23.*

Sendlinger, K. (STEICO AG) 2006: *Persönliche Mitteilung von Karl Sendlinger im Juni 2006.*

Shi, E. (Yunnan Industrial Hemp Inc., China) 2006: *Comprehensive using and development of industrial hemp in China. Vortrag auf der 4. EIHA-Konferenz in Hürth am 21.11.2006.*

Simopoulos, A.P. 2002: *Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases, Ap.P. Simipoulos, J Am Coll Nutr 2002; 21(6):495-505.*

Slansky, I. 1997: *Die Hanfpflanze als Tierfutter. In: nova-Institut (Hrsg.): Biorohstoff Hanf 97, Tagungsband zum Symposium, Frankfurt, 27.02.-02.03.1997; Hrsg. und Verlag: nova-Institut, Hürth 1997.*

Sommer, A. 2007: *Persönliche Mitteilungen von Andreas Sommer im Juli 2007.*

Statistisches Bundesamt Wiesbaden 2007: *Erzeugerpreisindex, Inlandsabsatz. Fachserie 17, Reihe 2. 2007.*

Strunz, U.; Jopp, A. 2002: *Fit mit Fett – Gute Fette von Killerfetten unterscheiden. Wilhelm Heyne Verlag, München 2002.*

Svennerstedt, B. 2006: *Persönliche Mitteilung von Bengt Svennerstedt, Agricultural Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences im Dezember 2006.*

Tecnaro GmbH 2006: *Persönliche Mitteilung im Juni 2006.*

Tescon Apparate GmbH 2006: *Rechnerisch gemittelter Durchschnittspreis für Heizöl EL in Deutschland, werktäglich aktualisiert auf: www.tescon.de, Stand: Mai 2006.*

Theimer, R. R. (Bergische Universität / GH Wuppertal) 2007: *Hanfrohstoffe; auf: www.hanf-natur.com. Stand: Januar 2007.*

Thermo-Hanf 2007: *Web-Auftritt: www.thermo-hanf.de. Stand: Mai 2007.*

Thiel, R. (Verband der Papierfabriken e.V.) 2006: *Persönliche Mitteilung von R. Thiel im September 2006.*

Thuneke, K. 2007 (TFZ): *Persönliche Mitteilung von Klaus Thuneke im Juli 2007.*

Tofani, C. (Fibranova) 2006a: *Persönliche Mitteilung von Cesare Tofani im Juni 2006.*

Tofani, C. (Fibranova) 2006b: *Hemp Industry in Italy: Latest Developments. Vortrag von Cesare Tofani auf der 4. EIHA-Konferenz in Hürth am 21.11.2006.*

Toonen, M. (Plant Research International) 2006: *Development of a hemp textile chain in the Euregion Rhein-Waal. Vortrag von Marcel Toonen auf der 4. EIHA-Konferenz am 21.11.2006.*

Töpfer, K. 2007: *Interview in der „Kölnischen Rundschau" vom 26.03.2007; Klaus Töpfer (CDU) war deutscher Bundesumweltminister und mehrere Jahre Vorsitzender des UN-Umweltprogramms.*

UFOP 2007: *UFOP-Marktinformation, auf: www.ufop.de. Stand: September 2007.*

Van Damme, Y. (Linopan) 2006: *Persönliche Mitteilung von Y. Van Damme im Juli 2006.*

Van de Bilt, M. A. 2006: *Persönliche Mitteilungen am Rande des FAO-Meetings in Rom, 5. und 6. April 2006.*

Vogt, D.; Karus, M.; Ortmann, S. 2005: *Marktreife von PP-NF-Spritzguss. Überblick über die PP-NF-Spritzguss-Technologie und ihre Eigenschaften. Hrsg. nova-Institut, Hürth 2005.*

Vogt, D.; Karus, M.; Ortmann, S.; Schmidt, Chr.; Gahle, Chr. 2006: *Wood-Plastic-Composites – Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe", Band 28, Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2006.*

Weltbank 2006: *The World Bank, auf: www.worldbank.org, Home > Data & Research > Prospects > Products > Commodity Price Data (Pink Sheet); Stand: 2006.*

Weltbank 2007: *The World Bank, auf: www.worldbank.org, Home > Data & Research > Prospects > Products > Commodity Price Data (Pink Sheet); Stand: 2007.*

Wertz, P. W.; Schwarzendruber, D. C.; Abraham, W.; Madison, K. C.; Downing, D. T. 1987: *Essential fatty acids and epidermal integrity. Archives of Dermatology, 123(10):1381-1384.*

Wiggershaus-Skriboleit, G. J. (pferdepapst.com) 2006: *Persönliche Mitteilung von Gudrun J. Wiggershaus-Skriboleit im Juni 2006.*

Wikipedia 2006a: *Artikel „Gartenkresse". In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Gartenkresse&oldid=21709894. Stand: September 2006.*

Wikipedia 2006b: *Artikel „Linoleum". In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Linoleum&oldid=31118953. Stand: Dezember 2006.*

Wikipedia 2006c: *Artikel „Leinöl". In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lein%C3%B6l&oldid=31119559. Stand: Dezember 2006.*

Wikipedia 2006d: *Artikel „Hanföl". In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Hanf%C3%B6l&oldid=29147314. Stand: Dezember 2006.*

Wohlmannstetter, E. (Papierfabrik Louisenthal GmbH) 2006: *Persönliche Mitteilung von E. Wohlmannstetter im September 2006.*

Wuerzkraut 2006: *Informationen zu Kräutern und Gewürzen 2006, auf: www.wuerzkraut.de/inhalt/kresse.htm,Stand: August 2006.*

Zelfo Australia 2007: *Produktkatalog 12/2006, siehe auch im Internet unter www.zelfoaustralia.com.*

ZMP 2006: *Auszug aus: ZMP-Marktbilanz, Gemüse 2006, Tabelle: Absatzmengen von Gemüse der Erzeugermärkte; ZMP Kundenservice Gartenbau. Persönliche Mitteilung vom August 2006.*

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hanfanbau in Deutschland, Frankreich und Italien von 1912 bis heute 20

Abbildung 2: Hanf-Produktlinien: Früher und heute 21

Abbildung 3: Flachsanbau in der EU (1995 – 2006) 23

Abbildung 4: Hanfanbau in der EU (1993 – 2005) 27

Abbildung 5: Anbau von Flachs und Hanf in Deutschland seit dem Comeback der Naturfasern (ohne Anbau auf Stilllegungsflächen) 29

Abbildung 6: Flachs- und Hanfanbau auf Stilllegungsflächen in Deutschland (1995 – 2006) 32

Abbildung 7: Typische Produktfraktionen bei einer modernen Hanf-Gesamtfaserlinie 35

Abbildung 8: Einsatzgebiete europäischer Flachs-Langfasern und -Kurzfasern im Jahr 2003 (nach Absatzmenge) 39

Abbildung 9: Absatzmärkte für Flachs-Kurzfasern in der EU im Jahr 2003 40

Abbildung 10: Anbauflächen und Rohstoffproduktion von EIHA-Mit-gliedern (Flächen in Hektar, Produktionsmengen in Tonnen) 42

Abbildung 11: Absatzmärkte für Hanffasern von EIHA-Mitgliedern (Absatzmengen in Tonnen) 43

Abbildung 11b: Absatzmärkte für Hanffasern aller Hanfproduzenten in der EU in Prozent im Jahr 2006 44

Abbildung 12: Nettohandelszahlen der wesentlichen Flachshandels-Nationen (Mengen an gehandelten Flachsfasern) 46

Abbildung 13: Zeichnung eines Längs- und Querschnitts eines Hanfstängels 47

Abbildung 14: Absatzmärkte für Hanfschäben aus Produktion der EIHA-Mitglieder (2001 – 2005) 50

Abbildung 14b: Absatzmärkte für Hanfschäben aller Hanfproduzenten in der EU in Prozent im Jahr 2006 51

Abbildung 15: Absatzmärkte für Hanfsamen aus Produktion der EIHA-Mitglieder (2001 – 2005) 53

Abbildung 16: Hanfanbau zur Samengewinnung in Kanada 54

Abbildung 17: Typische Produktfraktionen einer modernen Hanf-Wirrfaser bzw. Gesamtfaserlinie 72

Abbildung 18: Kostenanteile einer modernen Hanf-Kurzfaserlinie . . 74

Abbildung 19: Kopplung von Kurzfaser- und Schäbenpreis in Abhängigkeit vom Strohpreis (4 Szenarien) bezogen auf Wirtschaftlichkeitsgrenze 75

Abbildung 20: Kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_h) verschiedener Materialien 79

Abbildung 21: Kumulierter Energieaufwand der Herstellung (KEA_h) von Flachskurzfasern 80

Abbildung 21b: Vergleich des Energieaufwands zu Herstellung einer Glasfaser- und Naturfasermatte 80

Abbildung 22: Unterschiedliche Möglichkeiten zur Anordnung von Bastfaserelementen zur Bestimmung der Festigkeit 87

Abbildung 23: Kollektivprüfung von Bastfaserbündeln, Einspannung in Pressley-Klemmen 88

Abbildung 24: Dichtewerte von unterschiedlichen Fasern ermittelt mit der Schwebemethode 93

Abbildung 25: Faserfestigkeit in cN/tex errechnet aus den exakt ermittelten Dichtewerten im Vergleich zur flächenbezogenen Festigkeit in N/mm² / Einzelelement-Festigkeit ermittelt mit dem Dia-Stron-System 94

Abbildung 26: Festigkeit über Querschnittsfläche für a) Cotton, b) Hanf, c) Ramie und d) Sisal 97

Abbildung 27: Faserlängenverteilung der Fasern Ramie, Jute und Sisal, gemessen mit dem Pinzettenverfahren 98

Abbildung 28: Faserlängenverteilung der Fasern Cotton, Flachs A und Hanf, gemessen mit dem Pinzettenverfahren 99

Abbildung 29: Faserbreitenverteilung der Fasern Cotton, Flachs A, Flachs B und Hanf 100

Abbildung 30: Traditionelle Verarbeitung von Flachsstängeln zu Langflachs 103

Abbildung 31: Hanfstängel 105

Abbildung 32: Prinzip der Verfeinerung grober Faserbündel und Unterteilung nach der Aufschlussart 106

Abbildung 33: Verarbeitungslinien Flachs und Hanf sowie Darstellung der Erlöse und Beihilfen 112

Abbildung 34: Index für die durchschnittlichen Preise von Flachs- und Hanf-Kurzfasern für technische Anwendungen in Deutschland seit 2003 118

Abbildung 35: Preislagen von kurzen technischen Naturfasern, Sommer 2007 (passende Qualität für automobile Anwendungen) 119

Abbildung 36: Wichtigste Welthandelsbeziehungen bei Naturfasern (ohne Handelsströme von Baumwolle) 122

Abbildung 37: Die Anwendungen von Jutefasern in Indien 124

Abbildung 38: Preisentwicklung von Naturfasern und Erdöl von 2000 bis 2007 127

Abbildung 39: Schwindung und Temperaturbeständigkeit (Vicat) verschiedener Standardkunststoffe und PP-NF 141

Abbildung 40: Steifigkeit und Kerbschlagzähigkeit verschiedener Standardkunststoffe und PP-NF 142

Abbildung 41: Zugfestigkeit und Kerbschlagzähigkeit verschiedener Standardkunststoffe und PP-NF 142

Abbildung 42: Schematische Darstellung des RTM-Prozesses 145

Abbildung 43: Eigenschaften von WPC im Vergleich zu PP und PP-Talkum 149

Abbildung 44: Zugfestigkeit von WPC, NFK und anderen im Vergleich 150

Abbildung 45: Preise für WPC-, NF- und Standardgranulate (Stand 2006) 151

Abbildung 46: Einsatz von Naturfasern (ohne Holz und Baumwolle) für Verbundwerkstoffe in der deutschen Automobilproduktion 155

Abbildung 47: Einsatz von Naturfasern für Verbundwerkstoffe in der deutschen Automobilproduktion 2005 157

Abbildung 48: Anteile verschiedener Produktionsverfahren bei NF-Verbundwerkstoffen in der deutschen Automobilproduktion (ohne Holz- und Baumwoll-Compounds) . . 158

Abbildung 49: Naturfaser-Anteil bei verschiedenen Produktionsverfahren von Verbundwerkstoffen in der deutschen Automobilproduktion im Jahr 2005 160

Abbildung 50: Naturfaserverstärkte Verbundwerkstoffe in der deutschen Automobilproduktion (ohne Holz und Baumwolle) 161

Abbildung 51: Fächerschleifscheibe Plantex® 167

Abbildung 52: Vergleich von Schleifscheiben mit Hanf- und Glasfasern 168

Abbildung 53: Äußerlich kaum erkennbar: Die Leiterplatte dieser Fernbedienung besteht aus Strohlignin, Hanf, Baumwolle und Naturharz 169

Abbildung 54: Handy-Gehäuse aus Japan aus PLA, verstärkt mit Kenaffasern 171

Abbildung 55: Lippenstifthülle von Aveda aus PP-Flachs 173

Abbildung 56: Sport-Bumerang aus mit Flachsfasern verstärktem Kunststoff 174

Abbildung 57: Dämmstoffmarktentwicklung 178

Abbildung 58: Entwicklung Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen 179

Abbildung 59: Entwicklung Gesamtdämmstoffmarkt (1997 – 2005) 179

Abbildung 60: Gesamtmarkt Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen 180

Abbildung 61: Einfluss des Markteinführungsprogramms auf den Preis eines typischen Hanfdämmstoffs (in 2006 und 2007) 182

Abbildung 62: Entwicklung des Dämmstoffabsatzes der von der FNR geförderten Produkte 182

Abbildung 63: Anteile verschiedener NaWaRo-Dämmstoffe im Markteinführungsprogramm der FNR (2005) 183

Abbildung 64: Technische Daten Thermo-Hanf 184

Abbildung 65: Die größten Dämmstoffmärkte Europas 2005 187

Abbildung 66: „Hier wächst die neue Resopal-Leichtbauplatte." Mit diesem Plakat inmitten eines Hanffeldes wirbt Resopal für seine Idee, diesem ökologischen Produkt durch eine Beschichtung mit RESOPAL® zur ökonomischen Marktreife zu verhelfen. 220

Abbildung 67: Hanfschäben-Stein 225

Abbildung 68: Schematische Darstellung des AquaCell®-Verfahrens 230

Abbildung 68b: Hanfbriketts zum Heizen 233

Abbildung 69: Fruchtkapseln des Leinsamen 236

Abbildung 70: Längsschnitt durch eine Hanffrucht 237

Abbildung 71: Schematische Darstellung zur Eikosanoid-bildung aus Linol- und Alpha-Linolensäure 243

Abbildung 72: Ausgangsstoffe für Nahrungsmittel aus Hanfsamen 248

Abbildung 73: Produktion von Hanfsamen (Rohware) in der EU und in Kanada 2001 bis 2006 252

Abbildung 74: Eingesetze Stoffe und kumulierter Energieaufwand bei der Herstellung (KEAh) 300

Abbildung 75: Preisabhängigkeit des Polypropylens (PP) vom Erdöl 301

Abbildung 76: Preisentwicklung von Polypropylen und Jutefasern . . 303

Abbildung 77: Entwicklung der Holz-Pelletpreise in Deutschland . . 306

Abbildung 78: Deutsche Anbauflächen für Raps und Energiepflanzen als nachwachsende Rohstoffe 308

Abbildung 79: Nachwachsende Rohstoffe in Deutschland 1997 bis 2007: Energie macht den Löwenanteil aus . . 309

Abbildung 80: Globale Preisentwicklung für Rapsöl und Mais und Weizen 310

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Faserflachsanbau in der EU (mit Verarbeitungsbeihilfe) . . 25

Tabelle 2: Faserhanfanbau in der EU (mit Verarbeitungsbeihilfe) 28

Tabelle 3: Flachsanbaufläche für Fasern (Welt 2005) 33

Tabelle 4: Weltweite Anbauflächen für Hanf im Jahr 2005 (Schätzung) 34

Tabelle 5: Produzierte Mengen von Flachs und Hanf in Deutschland: Stroh und Fasern sowie Fläche und Zahl der Landwirte (1985 – 2005) 36

Tabelle 6: Mengen, Preise und Umsätze der EU-Faserflachswirtschaft mit Fasern im Jahr 2003 37

Tabelle 7: Mengen, Preise und Umsätze der EU-Faserhanfwirtschaft mit Fasern im Jahr 2003 41

Tabelle 8: EU-Schäbenproduktion 2004 (berechnet nach der Strohproduktion 2004) 48

Tabelle 9: Samenertrag ausgewählter Nutzhanfsorten 52

Tabelle 10: Kostenstruktur des Faserhanf- und -flachsanbaus in der Bundesrepublik Deutschland 66

Tabelle 11: Deckungsbeitrag verschiedener Kulturen 67

Tabelle 12: Einflüsse von Standort und Bewirtschaftung auf die Höhe des Biomasseertrags verschiedener Ackerkulturen. Bei den Angaben handelt es sich um durchschnittliche Erfahrungswerte, die den typischen regionalen Unterschieden unterliegen. 69

Tabelle 13: Betrachtung ausgewählter Aspekte zur Frage der Aufnahme von Faserhanf und Flachs in die Betriebsplanung 69

Tabelle 14: Haupteigenschaften einer modernen Hanf-Wirrfaserlinie 73

Tabelle 15: Primärenergieinput in die KEAh Faserhanf durch Düngung 77

Tabelle 16: Primärenergieinput zur Hanffaserproduktion (Wirrfaserlinie) 78

Tabelle 17: N-FibreBase Prüfempfehlung für mechanische und physikalische Faserkennwerte 83

Tabelle 18: Mechanische Eigenschaften und Querschnittsflächen der untersuchten Fasern und Faserbündel / Einzelelementtest mit dem System Dia-Stron. (Die jeweils drei besten Naturfasern pro Parameter wurden fett markiert.) 95

Tabelle 19: Ergebnisse der Faserbreitenmessung mit dem System Fibreshape 100

Tabelle 20: Überblick über die geometrischen Angaben zur Hanfeinzelfaser (primäre Fasern) 107

Tabelle 21: Prozentuale Verwendung von Flachs- und Hanf-Kurzfasern in verschiedenen Anwendungen 113

Tabelle 22: Anbau und Produktion von Naturfasern weltweit, 2005 (ohne Baumwolle und Wolle) 122

Tabelle 23: Mengenbilanz Hanf- und Flachsfasern für die Spezial-Zellstoffproduktion in der EU im Jahr 2000 191

Tabelle 24: Wichtigste Spezialpapier-Produktlinien mit Machbarkeit für Hanfzellstoffe 194

Tabelle 25: Wichtigste Inhaltsstoffe von Hanf und Holz für die Zellstoffnutzung 197

Tabelle 26: Absatz und Produktion von Kresse-Anzuchtfilzen in Deutschland 200

Tabelle 27: Markt für textile Flachsprodukte in Deutschland 2003 . . . 202

Tabelle 28: Die wichtigsten Bestandteile von Hanfschäben 215

Tabelle 29: Nährstoffe in Hanfschäben 229

Tabelle 30: Bauteileigenschaften von AquaCell (Fußraumabdeckung VW, Wandstärke 2,4 mm) 231

Tabelle 31: Fettsäurezusammensetzung tierischer Fette und verschiedener pflanzlicher Fette (in Prozent Gesamtfettsäuren) 235

Tabelle 32: Nährstoffgehalt eines Esslöffels Samen in handelsüblicher Darreichungsform 236

Tabelle 33: Nährstoffanalyse von Hanfsamen, Hanföl und Presskuchen 239

Tabelle 34: Leinsamenproduktion in den wichtigsten Anbauländern in 2005 246

Tabelle 35: Exporte (Menge und Wert) von kanadischen Hanfsamen und Hanföl im Jahr 2006 252

Tabelle 36: Nährstoffgehalt von Hanfblättern (je 100 g) 270

Tabelle 37: In Deutschland zugelassene Flachs- und Hanfverarbeiter (Stand Januar 2007) 284

Tabelle 38: Nationale Garantiemengen, Stand 2006 285

Tabelle 39: THC-Richtwerte in der Schweiz und in Deutschland 295

Tabelle 40: Flachs und Hanf und ihre Konkurrenten in verschiedenen Anwendungen 299

Tabelle 41: Ergebnisse der ökonomischen Analyse in Bezug auf das sog. „Co-Movement“ (Mitlaufen, Ankoppeln) für ausgewählte Rohstoffe 303

Tabelle 42: Subventionen bei naturfaserverstärkten Kunststoffen am Beispiel von PP-NF-Spritzgießen 314

Tabelle 42: Anwendungsfelder und ihre Wachtumspotenziale im „Best case“-Szenario 327

Tabelle 43: Prognose: Menge an Naturfasern (ohne Holz) in NFK in vier Marktsegmenten in Deutschland 2005, 2010 und 2020 (in Tonnen) 328

Tabelle 44: Eckdaten für CO2-Einsparungen pro Hektar für Hanf und Energiepflanzen (bezogen auf Netto-Energie = Brutto-Energie abzüglich Prozessenergie) 334

Tabelle 45: Förderung pro Hektar und pro eingesparten CO_2-Äquivalenten 336

Tabelle 46: Vergleich der Förderungen von Energiepflanzen, Hanf/Flachs und Biokunststoffen 338

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow
Tel.: 0 38 43 / 69 30 - 0
Fax: 0 38 43 / 69 30 - 1 02
info@fnr.de • www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.