

# Marktanalyse

## Nachwachsende Rohstoffe



# **Marktanalyse**

## **Nachwachsende Rohstoffe**

meó Consulting Team

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH

Faserinstitut Bremen

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

2006

Die vorliegende Publikation wurde erstellt durch

**meó Consulting Team**

Biebricher Allee 22  
65187 Wiesbaden  
Tel.: (06 11) 98 63 9-10  
Fax: (06 11) 98 63 9-33  
www.meo-consulting.com

**Faserinstitut Bremen**

Am Biologischen Garten 2  
28359 Bremen  
Tel.: (04 21) 21 89 32 9  
Fax: (04 21) 21 83 11 0  
www.faserinstitut.de

**Institut für Energetik und  
Umwelt gGmbH**

Torgauer Str. 116  
04347 Leipzig  
Tel.: (03 41) 24 34-4 12  
Fax: (03 41) 24 34-4 33  
www.ie-leipzig.de

**Herausgeber:**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.  
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

**Projektleitung:**

Dr. Norbert Schmitz, meó Consulting Team, schmitz@meo-consulting.com

**Textredaktion:**

Marianne Bongartz, MaBo-Media Köln, mabo-media@t-online.de

**Redaktion:**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Abt. Öffentlichkeitsarbeit

**Gestaltung und Produktion:**

tangram documents, Bentwisch  
www.tangram.de

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**

|   |            |
|---|------------|
| <b>Vorwort .....</b>                                | <b>5</b>   |
| <b>Elektrische Energie .....</b>                    | <b>7</b>   |
| <b>Thermische Energie .....</b>                     | <b>67</b>  |
| <b>Treibstoffe .....</b>                            | <b>157</b> |
| <b>Schmier- und Verfahrensstoffe .....</b>          | <b>239</b> |
| <b>Chemie .....</b>                                 | <b>263</b> |
| <b>Farben und Lacke .....</b>                       | <b>309</b> |
| <b>Pharma und Kosmetik .....</b>                    | <b>333</b> |
| <b>Papier, Karton und Pappe .....</b>               | <b>367</b> |
| <b>Verpackungsprodukte .....</b>                    | <b>391</b> |
| <b>Faserverbundwerkstoffe und Formteile .....</b>   | <b>425</b> |
| <b>Textilien .....</b>                              | <b>463</b> |
| <b>Baumaterialien, Dämmprodukte und Möbel .....</b> | <b>501</b> |
| <b>Abkürzungen.....</b>                             | <b>567</b> |



## Vorwort

Nachwachsende Rohstoffe gewinnen kontinuierlich an Bedeutung. Sie gehören zu den herausragenden Themen zu Beginn des 21. Jahrhunderts. Nicht zuletzt Dank gezielter Förderung durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) ist es gelungen, qualitativ und technologisch hochwertige Erzeugnisse in verschiedenen Märkten einzuführen. Beispiele hierfür sind Wasch- und Reinigungsmittel, Biokunststoffe, Fahrzeugbauteile oder biologisch schnell abbaubare Schmierstoffe. Neben der stofflichen Nutzung ist der Energiemarkt von besonderer Bedeutung. Biomasse stellt aufgrund ihrer vielseitigen Einsetzbarkeit zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffproduktion schon derzeit den größten Anteil aller erneuerbaren Energien – Tendenz steigend. Parallel zu dieser Entwicklung wachsen auch die Anbauflächen seit Jahren; ein Großteil der nachwachsenden Rohstoffe kommt aus der einheimischen Land- und Forstwirtschaft.



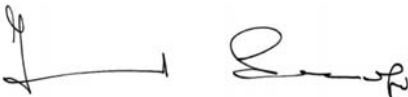
Die vermehrte Verwendung von Produkten aus Biomasse fördert das Ziel der Nachhaltigkeit. Wiederverwertung in eine Kreislaufwirtschaft und Schonung der natürlichen Ressourcen gehören dabei zusammen. Hinzu kommt die klimaneutrale Verbrennung, bei der im Wesentlichen nicht mehr Kohlendioxid frei gesetzt wird als die Pflanzen zuvor im Wachstum gebunden haben. Langlebige Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen verringern sogar den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre, indem sie Kohlenstoff für etliche Jahrzehnte in fester Form speichern. Zu den genannten ökologischen Argumenten kommen agrar-, energie-, wirtschafts- und sozialpolitische Vorteile für die Volkswirtschaft hinzu. Vor allem die ländlichen Räume können vom Anbau nachwachsender Rohstoffe erheblichen Nutzen ziehen. Dazu gehört die Erschließung neuer Einkommens-

quellen, aber auch ein deutlicher Wachstumsschub. Nachwachsende Rohstoffe sind Technologietreiber.

Allerdings sind die Anwendungsmöglichkeiten und Absatzpotenziale bei weitem noch nicht ausgeschöpft. In einer Reihe von Märkten führen nachwachsende Rohstoffe bislang nur ein „Nischendasein“. Die Ursachen dafür sind vielfältig. Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Vermarktung sind attraktive Produkteigenschaften, eine gleichbleibend hohe Qualität, Zuverlässigkeit der Lieferungen und eine wettbewerbsfähige Preisgestaltung. Doch auch wenn diese Grundvoraussetzungen erfüllt sind, ist der Absatz noch nicht garantiert.

Vor diesem Hintergrund hat das BMELV über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) eine Studie zum Thema „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ vergeben. Ziel war es, in einer ersten Phase eine fundierte Analyse der derzeitigen Märkte und Potenziale für die stoffliche und energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe durchzuführen. Unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten sollten in weiteren Phasen Alternativen für eine beschleunigte und langfristig erfolgreiche Markteinführung bzw. Marktanteilsausweitung geprüft und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Der vorliegende Band umfasst die Ergebnisse dieser ersten Phase.

Jetzt müssen die vorgestellten Potenziale zügig in Vorschläge für konkrete Produkte für neue oder zu erschließende Märkte umgewandelt werden. Vor uns liegt ein breites Feld für innovative Ideen. Die Politik wird diesen Bereich weiter unterstützen. Ich hoffe, dass viele Landwirtschaftsbetriebe, klein- und mittelständische Unternehmen die Potenziale erkennen und die Chancen nutzen. Denn den nachwachsenden Rohstoffen gehört die Zukunft.



*Horst Seehofer,  
Bundesminister für Ernährung,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz*

# **Elektrische Energie**

**Frank Hofmann**

**Martin Kalies**

**Sven Schneider**

**Frank Scholwin**

**Michael Weber \***

---

\* Dipl.-Ing. Frank Hofmann, Dipl.-Ing. Martin Kalies, Dipl.-Ing. Sven Schneider,  
Dr.-Ing. Frank Scholwin und Dipl.-Ing. Michael Weber;  
IE Leipzig – Institut für Energetik und Umwelt gGmbH,  
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig, [www.ie-leipzig.de](http://www.ie-leipzig.de)





---

# Inhalt

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Elektrische Energie .....</b>             | <b>7</b>  |
| <b>Abbildungen .....</b>                     | <b>10</b> |
| <b>Zusammenfassung Gesamtmarkt .....</b>     | <b>13</b> |
| <b>A Waldhackschnitzel.....</b>              | <b>17</b> |
| 1 Zusammenfassung .....                      | 17        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....     | 20        |
| 3 Analyse des Marktes.....                   | 22        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen ..... | 27        |
| 5 Quellenverzeichnis.....                    | 28        |
| <b>B Flüssige Bioenergieträger .....</b>     | <b>29</b> |
| 1 Zusammenfassung .....                      | 29        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....     | 33        |
| 3 Analyse des Marktes.....                   | 34        |
| 4 Quellenverzeichnis.....                    | 39        |
| <b>C Biogas aus Nawaro.....</b>              | <b>40</b> |
| 1 Zusammenfassung .....                      | 40        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....     | 42        |
| 3 Analyse des Marktes.....                   | 45        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen ..... | 54        |
| 5 Quellenverzeichnis.....                    | 54        |
| <b>D Stroh.....</b>                          | <b>56</b> |
| 1 Zusammenfassung .....                      | 56        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....     | 58        |
| 3 Analyse des Marktes.....                   | 59        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen ..... | 65        |
| 5 Quellenverzeichnis.....                    | 65        |

## Abbildungen

|   |    |
|---|----|
| Einsatz von Nawaro (ohne Altholz) zur Stromerzeugung .....  | 13 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Stromerzeugung .....  | 15 |
| Übersicht über den Markt für elektrische Energie .....  | 16 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich<br>Waldhackschnitzel zur Stromerzeugung .....                               | 19 |
| Wertschöpfungskette Waldhackschnitzel .....   | 20 |
| Feuerungen in Holzkraftwerken .....   | 21 |
| Ökobilanzen von Holz im Vergleich zu Braunkohle .....   | 22 |
| Wettbewerbsdynamik im Waldholzverstromungsmarkt .....   | 25 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken<br>für die Verstromung von Waldholz .....                                 | 26 |
| Eckdaten des Biomassekraftwerks Wien-Simmering .....  | 27 |
| Anlagenzahl von BHKW nach Größenklassen (Stand August 2003) .....   | 29 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Markt für<br>flüssige Bioenergieträger zur Stromerzeugung .....                     | 31 |
| Übersicht über den Markt für Pflanzenöl, Biodiesel und<br>Bioethanol zur Stromerzeugung .....                             | 32 |
| Geographische Verteilung von Pflanzenöl- und<br>Biodiesel-BHKW in Deutschland (Stand: August 2003) .....                  | 35 |
| Installierte elektrische Leistung von Pflanzenöl-<br>und PME-BHKW (Stand August 2003) .....                               | 36 |
| Wettbewerbsdynamik für den Einsatz biogener<br>Kraftstoffe im Energiemarkt .....  | 37 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken<br>für den stationären Einsatz biogener Kraftstoffe im Energiemarkt ..... | 38 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Biogas<br>zur Stromerzeugung .....  | 41 |

---

|   |    |
|---|----|
| Wertschöpfungsketten Biogas.....  | 42 |
| Schematische Darstellung einer typischen<br>landwirtschaftlichen Biogasanlage.....    | 43 |
| Geographische Verteilung von Biogasanlagen in Deutschland.....                        | 47 |
| Marktentwicklung von Biogas bis 2004.....   | 48 |
| Wettbewerbssituation von Biogas zur Stromerzeugung .....                              | 49 |
| Übersicht der Kosten für Biogasanlagen .....  | 50 |
| Wettbewerbsdynamik im Markt für Biogas zur Stromerzeugung .....                       | 53 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung<br>im Bereich Stroh zur Stromerzeugung.....        | 57 |
| Wertschöpfungskette Stroh .....   | 58 |
| Wettbewerbsdynamik im Markt für Stroh<br>zur Stromerzeugung.....                      | 60 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen<br>und Risiken von Stroh zur Stromerzeugung ..... | 64 |



## Zusammenfassung Gesamtmarkt

Die Stromerzeugung in Deutschland basiert heute noch weitgehend auf der **Nutzung fossiler Energieträger** (d. h. fossil biogener wie Kohle und fossil mineralischer wie Uran), für die im Jahr 2004 Kosten von etwa 8,4 Mrd. € entstanden. Die **Stromimporte** werden sich von gegenwärtig etwa 20 % bis 2020 auf etwa 40 % verdoppeln. Rund 80 % der Stromerzeugung erfolgt durch die vier größten Unternehmen der Branche.

Der gegenwärtige **Einsatz von Nawaro** zur Stromerzeugung ist vor allem durch die **Biogas-Nutzung** geprägt. Etwa 470.000 t Nawaro (sowie zusätzlich ca. 6 Mio. t Altholz) werden direkt für die Stromerzeugung eingesetzt.

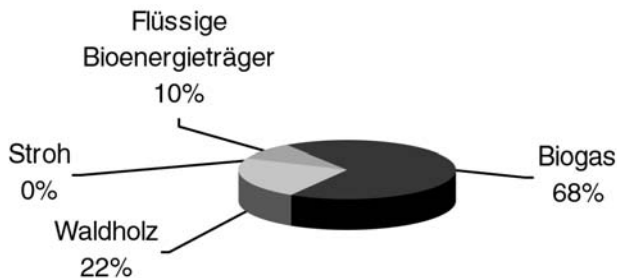


Abbildung: Einsatz von Nawaro (ohne Altholz) zur Stromerzeugung

Bisher erfolgt die Deckung des Nawaro-Bedarfs zu einem beachtlichen Teil über die deutsche Land- und Forstwirtschaft. Die Bereitstellung von Nawaro aus kostengünstigen Produktionen Osteuropas ist aber vor allem in Grenzregionen zukünftig nicht auszuschließen. Für ein weiteres Marktwachstum einer Stromerzeugung aus Biomasse ist zukünftig vor allem eine systematische Erschließung der Waldholz- und der Biogaspotenziale erforderlich; hierzu sind u. a. die erforderlichen Logistikketten aufzubauen.

Der **Markt für Nawaro** zur Stromerzeugung **wächst bis 2010** durchschnittlich **um etwa 70 % p. a. auf 10 Mio. t**. Diese dynamische Entwicklung wird aus gegenwärtiger Sicht besonders durch die Nutzung von **Biogas** geprägt. Allein auf diese Nutzungsform, die durch das EEG zum „Selbstläufer“ geworden ist, werden etwa 9,5 Mio. t Nawaro entfallen. So hat sich zum Beispiel zwischen Ende 2004 und Mai 2005 die installierte Leistung bei Biogasanlagen um 40 % von 250 MW<sub>el</sub> auf 350 MW<sub>el</sub> erhöht. Da die EEG-Novelle erst seit August 2004 gilt und die Anlagenrealisierung von der Idee bis zur Inbetriebnahme einen Zeitraum von etwa ein bis zwei Jahren bedarf, ist zumindest bis 2010 noch mit einem weiteren dynamischen Anlagenwachstum zu rechnen. Ein Anstieg der Nawaro-Nutzung auf etwa 0,4 Mio. t ist auch beim **Waldholz** möglich, wenn die Beschaffung und der Transport optimiert und zielgerichtet organisiert werden. Durch das novellierte EEG könnte es zu einer Zunahme flüssiger Bioenergieträger in der Stromerzeugung kommen. Ohne die Lösung der verbrennungstechnischen Anlagenprobleme bei der Monoverbrennung oder der Forcierung der Mitverbrennung wird die **Stroh- bzw. Getreidenutzung** kaum zunehmen und zudem nur für Nischenanwendungen in Frage kommen. Aber durch die Nutzung von Nawaro zur Stromerzeugung können die Einkommen in der Land- und Forstwirtschaft deutlich gesteigert werden. Die Teilmärkte sind jedoch sehr unterschiedlich und werden sich auch zukünftig nicht gleichförmig entwickeln.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Nawaro zur Stromerzeugung  |
|---|--|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenwärtig werden etwa 470.000 t Nawaro (ohne Altholz) zur Stromerzeugung genutzt</li> <li>• Der Marktwert dieser Nawaro beträgt ca. 19 Mio. €</li> </ul>  |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bis 2010 ist ein dynamisches Wachstum von etwa 70 % p. a zu erwarten. Hiermit ist ein Marktwert von etwa 310 Mio. € für 10 Mio. t Nawaro verbunden</li> <li>• Zwischen 2010 und 2020 wird sich das Wachstum bei Nawaro für Biogas und Waldholz weiter fortsetzen</li> </ul>                                 |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Nawaro-Bereitstellung wird gegenwärtig und künftig weitgehend aus deutscher Produktion erfolgen</li> <li>• Mit der Nawaro-Produktion sind heute Einkommenseffekte von etwa 18 Mio. € verbunden. Diese lassen sich vor allem durch die Biogasproduktion auf fast 320 Mio. € bis 2010 steigern</li> </ul> |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die hohen Transportkosten für Nawaro stellen eine günstige Wettbewerbsposition für die deutsche Land- und Forstwirtschaft dar</li> <li>• Künftig ist aber vor allem in Grenzregionen mit zunehmendem Konkurrenzdruck aus dem osteuropäischen Ausland zu rechnen</li> </ul>                                  |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Politische Risiken (kurzfristige Modifizierung oder Wegfall des EEG)</li> <li>• Preisrisiken bei Nawaro zum Einsatz in Biogasanlagen, da mit zunehmender Nachfrage im Umfeld einer Anlage ggf. Angebotsengpässe nicht auszuschließen sind</li> </ul>  |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen z. B. gegenüber Kraftwerken mit fossilen Energieträgern</li> <li>• Geringe Umweltwirkungen bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung</li> <li>• Erhöhung der Versorgungssicherheit für die Stromversorgung auf Basis heimischer Energierohstoffe</li> </ul>            |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Stromerzeugung



|               | Waldhackschnitzel  | Flüssige Bioenergieträger   | Biogas aus Nawaro   | Stroh   |
|---------------|--|---|---|---|
| Marktgröße    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,5 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marktanteil für Pflanzenöl und Biodiesel ca. 4,5 Mio. €</li> <li>• Bioethanol wird nicht genutzt</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 Mio. € für Nawaro</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derzeit ist kein Markt in Deutschland vorhanden</li> </ul>   |
| Marktwachstum | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 14 % p. a.</li> <li>• 2020: 4 % p. a.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: unbedeutend</li> <li>• 2020: unbedeutend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 70 % p. a.</li> <li>• 2020: 6 % p. a.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kein Wachstum ohne Technikentwicklung</li> </ul>   |
| Treiber       | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Relativ gute Verfügbarkeit</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Erhöhung des Umfangs erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch</li> <li>+ Forstwirtschaft muss den bisher ungenutzten Zuwachs (d. h. das Überangebot an Holz) auf dem Markt absetzen, um eine Überalterung der Bestände zu verhindern</li> <li>+ Ausgereifte Technik</li> <li>- Relativ hohe Brennstoffkosten</li> <li>- Konkurrenz der stofflichen Nutzung</li> <li>- Höhere Anlagenkosten</li> <li>- Förderabhängigkeit (EEG)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steigender Erdölpreis</li> <li>+ Naturprodukt</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ EU-Kraftstoff-Direktive</li> <li>- Konkurrenz der einheimischen Rohstoffe gegenüber dem Ölsaaten-Weltmarkt</li> <li>- Hohe Förderabhängigkeit</li> <li>- Zum Teil wartungsintensive Anlagentechnik</li> <li>- Einsatz im Verkehrssektor derzeit maßgeblich (Wirtschaftlichkeit)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung kostenloser Nebenprodukte (Gülle)</li> <li>+ Schaffung von Märkten für Nawaro</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Preisen auf dem Weltenergiemarkt</li> <li>- Hohe Anlagenkosten</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> <li>- Konkurrenz um Anbauflächen für andere Nawaro</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung preisgünstiger Nebenprodukte der landwirtschaftlichen Primärproduktion</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Neutralität gegenüber den Energiepreisen auf dem Weltenergiemarkt</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>- Emissionen: Einhalten der Grenzwerte</li> <li>- Aufwändige Anlagentechnik; dadurch hohe Anlagenkosten</li> <li>- Ungünstige Brennstoffeigenschaften</li> <li>- Ascheentsorgung</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> <li>- Unzureichende Anlagentechnologie</li> </ul> |

Abbildung: Übersicht über den Markt für elektrische Energie

# A Waldhackschnitzel

## 1 Zusammenfassung

Die Verstromung von Holz stellt insbesondere im Leistungsbereich zwischen 5 und 20 MW elektrischer Leistung eine **etablierte Technik** dar. Ca. 20 bis 30 (meist kleinere) der insgesamt existierenden 110 Holz-(H-)KW setzten 2004 in unterschiedlichem (meist geringem) Umfang Waldhackschnitzel ein. In Thüringen wurde das erste Waldholz-KW der 20 MW-Klasse in Bischoferode errichtet. Insgesamt existieren nur **wenige potente Anbieter** für größere Waldholzmengen, wie sie für den Betrieb derartiger Anlagen benötigt werden. Der Marktpreis für Waldhackschnitzel bewegt sich in einer Spannbreite von 40 bis 60 €/t<sub>atro</sub> und ggf. darüber.

Unabhängig von derartigen EEG-Anlagen werden in der Holzindustrie seit Jahren KWK-Anlagen sehr unterschiedlicher Leistung mit Sägewerksabfällen betrieben, die oft auf eine hohe Wärmebereitstellung und eine geringe Stromerzeugung (z. B. Dampfmaschinen) ausgelegt sind.

Das **technische Rohholzpotenzial** beläuft sich auf knapp 25 Mio. t<sub>atro</sub>/a (461 PJ/a). Davon können 7,5 Mio. t<sub>atro</sub>/a (139 PJ/a) mit Holz aus Einschlag (genutztes Brennholz, Waldrestholz, Nichtderbholz) erzielt werden sowie 17,4 Mio. t<sub>atro</sub>/a (322 PJ/a) mit Holz aus dem bisher ungenutzten Zuwachs. Zur **Produktion** von Waldhackschnitzeln für die Stromerzeugung wird derzeit ca. 0,2 % des gesamten Holzeinschlags verwendet. Das gegenwärtige **Marktvolumen** von ca. 50.000 t<sub>atro</sub>/a hat einen **Marktwert** von etwa 2,5 Mio. € p. a.

**Hackschnitzel** werden derzeit schwerpunktmäßig aus Schwachholzern hergestellt. **Importe** spielen bei Waldhackschnitzeln bisher nur eine geringe Rolle. Denn aufgrund der relativ hohen **Transportaufwendungen** ist die Konkurrenz zu kostengünstiger produzierten Waldhackschnitzeln in Osteuropa nach wie vor relativ gering. Durch die Herstellung von Holzhackschnitzeln im Inland wird die **regionale Wertschöpfung** erhöht und es werden zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen (1,5 AK/a je kt<sub>atro</sub>). Außerdem werden etwa 6 Mio. t Altholz, das hier aber nicht als Nawaro betrachtet wird, verstromt.

Die **Vergütungssätze** des EEG sind für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb nur unter sehr günstigen Rahmenbedingungen ausreichend (z. B. die Verfügbarkeit kostengünstiger Brennstoffe, große installierte elektrische Leistungen, hoher Umfang der Wärmenutzung). Sie werden aus gegenwärtiger Sicht kaum zu einer nennenswerten Ausweitung des Markts für Waldhackgut führen. Auch für Anlagen außerhalb des EEG (z. B. Mitverbrennung) lassen die Rahmenbedingungen (z. B. Höhe des CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikatepreises) derzeit kaum eine Marktausweitung erwarten. Dies kann sich aber bei deutlich weiter steigenden Preisen für fossile Energieträger bzw. dem sich abzeichnenden hohen Niveau der Strommarktpreise ändern.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Waldhackschnitzel zur Stromerzeugung  |
|---|---|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absatz: 50.000 t<sub>stro</sub></li> <li>• Marktwert: 2,5 Mio. €, entfallen weitgehend auf deutsche Produktion</li> </ul>  |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 0,4 Mio. t<sub>stro</sub> (14 % p. a.)</li> <li>• 2020: 0,6 Mio. t<sub>stro</sub> (4 % p. a.)</li> </ul>   |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenwärtig 1,8 Mio. € p. a</li> <li>• 2010: 14,4 Mio. € p. a</li> <li>• 2020: 21,6 Mio. € p. a</li> </ul>   |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund relativ hoher Transportaufwendungen steht die deutsche Forstwirtschaft nur in begrenzten Wettbewerb zu denen der Nachbarländer</li> </ul>                                   |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzfristige Modifizierung oder Wegfall des EEG</li> <li>• Nutzungskonkurrenz u. a. zu thermischen Nutzungspfaden</li> </ul>   |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen z. B. gegenüber Kraftwerken mit fossilen Energieträgern</li> <li>• Geringe Umweltwirkungen bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung</li> </ul> |

19 *Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Waldhackschnitzel zur Stromerzeugung*

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

**Waldhackschnitzel** sind maschinell mit scharfen oder stumpfen Werkzeugen zerkleinertes Waldholz mit einer Kantenlänge von max. 25 cm. Verarbeitet werden entweder Ganzbäume oder Baumbestandteile wie z. B. Kronen, Schwachholz und Waldrestholz.

| Produkt(gruppe)        | Wertschöpfungskette   |
|------------------------|---|
| Waldholzhack-schnitzel | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fällen → Vorliefern → Rücken → Lagerung → Hacken → Beladen → Transport → Lagerung → Verstromung</li> </ul> |

Abbildung: Wertschöpfungskette Waldhackschnitzel

Die **Waldbewirtschaftung** und die **Bereitstellung von Brennholz** sind seit Generationen etabliert und durch zunehmende Technisierung und Automatisierung gekennzeichnet. Trotz noch vorhandener Verbesserungspotenziale haben sie inzwischen einen hohen technischen Standard und einen z. T. hohen Mechanisierungsgrad erreicht. Die Schlüsseltechnologie für die Holzbereitstellung ist die **Hackertechnik**, mit deren Hilfe ein Schüttgut mit weitgehend definierten Brennstoff-Eigenschaften bereitgestellt werden kann.

Der Hackguttransport zur Konversionsanlage erfolgt im Allgemeinen mittels LKW. Die **Verbrennung** kann mit sehr unterschiedlichen Anlagentechniken realisiert werden. Marktbedeutung haben aber nur Rost- und Wirbelschichtfeuerungen, wobei der Großteil der im Rahmen des EEG gebauten Holzkraftwerke als Rostfeuerungen ausgeführt wurden.

Die **Stromerzeugung** erfolgt im Regelfall mit **konventionellen Dampfprozessen**, z. T. kommen auch Dampfmotoren und in besonderen Ausnahmefällen auch ORC-Anlagen kommerziell zum Einsatz. Alle anderen Optionen (d. h. Stirlingmotor, Vergasung mit Gasmotor bzw. Gasturbine) befinden sich noch im F&E-Stadium. Waldholz kann grundsätzlich auch in vorhandenen **Kohlekraftwerken** zugefeuert werden; aufgrund der gesetzlichen Regelungen hat diese Option aber bisher keine Bedeutung.

|  | Leistungsbereich<br>der FWL | Partikel-<br>durchmesser |
|--|-----------------------------|--------------------------|
| <b>Rostfeuerung</b>                        | 4–50 MW                     | im cm-Bereich            |
| <b>Wirbelschichtfeuerung</b>               | 5–100 MW                    | unter 10 mm              |
| <b>Staubfeuerung<br/>(Einblasfeuerung)</b> | 2–10 MW                     | unter 5 mm               |

Abbildung: Feuerungen in Holzkraftwerken

Die Nutzung von Waldholz ist bei der Beachtung forstwirtschaftlicher Grundsätze mit **geringen Umweltwirkungen** verbunden. Um negative Auswirkungen auf die **Nährstoffbilanz** der Böden zu vermeiden, sollten Pflanzenkomponenten wie Nadeln, Blätter, Fruchtstände etc., in denen im Allgemeinen die Nährstoffe akkumuliert sind, im Wald verbleiben. Bei der maschinellen Waldbewirtschaftung sollten Forstmaschinen mit einem möglichst geringen Bodenandruck (d. h. große Reifen, viele Achsen) eingesetzt werden, um einer möglichen **Bodenverdichtung** entgegenzuwirken. Bei Rücke- und Ernteprozessen sollten **Baumschäden** möglichst vermieden werden. Die Lagerung insbesondere von Frischholz kann mit Geruchsemissionen verbunden sein. Da die **Energiedichte** von Waldholz im Vergleich zu fossilen Energieträgern gering ist, muss je Energieeinheit mehr Masse transportiert werden. Zwar sind dadurch die durch den Transport verursachten spezifischen Umweltbelastungen höher als beim Transport von fossilen Energieträgern. Aber da in der Regel die Transportwege deutlich kürzer sind, liegen die absoluten Umwelteffekte infolge des Transports merklich niedriger im Vergleich zu fossilen Energieträgern.

Das bei der Verbrennung von Waldholz freigesetzte CO<sub>2</sub> gilt als **klimaneutral**, da es beim Wachstum der Pflanze der Atmosphäre entzogen wurde; dies setzt eine nachhaltige Forstwirtschaft voraus. Die gesetzlichen Emissionsvorgaben sind mit moderner Technik sicher einhaltbar. Die **Rostasche** – einen vollständigen Ausbrand unterstellt – wird in einigen Ländern (z. B. Österreich) zur Schließung der Stoffkreisläufe wieder in den Wald verbracht. Ist das nicht möglich, ist eine Nutzung im Straßenbau oder eine Deponierung problemlos möglich. Nur bei der Feinstflugasche kann infolge der hier akkumulierten Schwermetalle eine Deponierung auf Sondermülldeponien notwendig werden.

|                              | Holz                    | Braunkohle              |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| CO <sub>2</sub> -Äquivalente | 17,3 t/TJ <sub>el</sub> | 274 t/TJ <sub>el</sub>  |
| SO <sub>2</sub> -Äquivalente | 330 kg/TJ <sub>el</sub> | 988 kg/TJ <sub>el</sub> |
| NO <sub>2</sub>              | 381 kg/TJ <sub>el</sub> | 191 kg/TJ <sub>el</sub> |
| SO <sub>2</sub>              | 53 kg/TJ <sub>el</sub>  | 109 kg/TJ <sub>el</sub> |

Abbildung: Ökobilanzen von Holz im Vergleich zu Braunkohle

### 3 Analyse des Marktes

Es existiert bislang nur ein **gering ausgeprägter Markt** für Waldholz als Brennstoff zur Verstromung, der zudem aufgrund der relativ hohen Transportkosten eher lokaler bzw. regionaler Natur ist. Funktionierende Teilmärkte sind z. B. in Thüringen vorhanden, wo ein größeres deutsches Stadtwerk ein Waldholzkraftwerk gebaut hat, das mit lokal verfügbarem Waldholz befeuert wird. Für größere Holz- bzw. Holzhackschnitzelmengen zur energetischen Nutzung auf den überregionalen Märkten existieren nur **wenige große Anbieter**. Die bisher am Markt agierenden Holzanbieter bedienen nach wie vor primär die Märkte für eine stoffliche Holznutzung, die durch signifikant größere Markt-Volumina und bereits seit Jahren etablierte Angebots- und Nachfragestrukturen gekennzeichnet sind. Teilweise besteht damit in bestimmten Regionen und/oder für bestimmte Holzsortimente eine **Konkurrenz zur stofflichen Nutzung**; beispielsweise können und werden für energetische Zwecke potenziell nutzbare Waldholzsortimente (Nadelholz) auch in der Holzwerkstoffindustrie sowie in der Zellstoffindustrie eingesetzt. Geringere Konkurrenz besteht hingegen bei Laubholzsortimenten.

**Waldholz** ist – je nach Genehmigungsstatus und technischer Ausstattung der Feuerungsanlagen – durch andere Holzbrennstoffe (z. B. Altholz) grundsätzlich **substituierbar**. In der Regel erfolgt jedoch aufgrund des EEG, das einen Nawaro-Bonus gewährt, eine frühzeitige Festlegung auf Waldholz. Aus Ermangelung anderer bisher vorhandener mengenrelevanter Nawaro-Holzsortimente (z. B. Landschaftspflegehölzer) ist eine Substituierbarkeit in größerem Umfang (noch) nicht gegeben.

Das **technische Rohholzpotenzial** (Strom, Wärme, Kraftstoffe) beläuft sich auf knapp 25 Mio.  $t_{\text{atro}}/a$  (461 PJ/a). Davon können 7,5 Mio.  $t_{\text{atro}}/a$  (139 PJ/a) mit Holz aus Einschlag (genutztes Brennholz, Waldrestholz, Nichtderbholz) erzielt werden, sowie 17,4 Mio.  $t_{\text{atro}}/a$  (322 PJ/a) mit Holz aus dem bisher ungenutzten Zuwachs. Das gegenwärtige **Marktvolumen** von ca. 50.000  $t_{\text{atro}}/a$  hat einen **Marktwert** von etwa 2,5 Mio. € p. a. Ca. 20 bis 30 (meist kleinere) der insgesamt existierenden 110 Holz-(H-)KW setzen in einem unterschiedlichen (meist geringem) Umfang Waldhackschnitzel ein. Aufgrund des EEG mit Nawaro- und KWK-Bonus ist derzeit ein leichtes Marktwachstum zu verzeichnen, das insbesondere durch die Verfügbarkeit und die Preise von Waldholz bestimmt wird. Deshalb ist bis einschließlich **2007** ein Zubau von nur wenigen Kraftwerken (ohne KWK) der 20 MW-Klasse sowie von einigen KWK-Anlagen mit einer Jahresleistung von unter 5 MW<sub>el</sub> zu erwarten. Ein weiterer Zubau von Kraftwerken zur ausschließlichen Stromerzeugung nach 2007 ist aufgrund der Vergütungsdegression eher unwahrscheinlich.

Denkbar ist auch die **Substitution von Altholz durch Waldholz** in bestehenden (vorwiegend kleineren) Anlagen, wodurch ein Volumen von max. 0,1 Mio.  $t_{\text{atro}}/a$  erzielt werden könnte. Demgegenüber ist die **Mitverbrennung** von Waldhölzern bis 2010 aufgrund wirtschaftlicher Gegebenheiten (z. B. CO<sub>2</sub>-Zertifikate) eher unwahrscheinlich, danach ist dies ggf. in geringem Umfang denkbar. Vor diesem Hintergrund könnte der **Waldholzeinsatz** in den Jahren **2010 bis 2020** insgesamt ein Marktvolumen von ca. 0,4 bis 0,6 Mio.  $t_{\text{atro}}/a$  erreichen.

Für die Verstromung von Waldholz sind die folgenden **Rahmenbedingungen** zu beachten:

- Baurechtliche Genehmigung (Bauordnung, Feuerungsanlagenverordnung),
- Immissionsschutzrecht (4. BImSchV, 17. BImSchV),
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG); Biomasse-Verordnung (BiomasseV),
- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG),
- Marktanreizpreis Erneuerbare Energien (MAP) – Klein KWK,
- Bundeswaldgesetz,
- Raumordnungsgesetz (ROG),
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung,
- Düngemittelgesetz und Düngemittelverordnung,



- EU-Rahmen: Weißbuch für erneuerbare Energieträger; Weißbuch Energiepolitik, Grünbuch Energieversorgungssicherheit, Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, Richtlinie über den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten,
- Kyoto-Protokoll.

Aus diesen Rahmenbedingungen ergeben sich folgende **Konsequenzen**:

- Die Verstromung von Waldholz liegt auf der Basis des EEG (Grundvergütung, Nawaro- und KWK-Bonus) an der Grenze der Wirtschaftlichkeit; sie kann nur unter sehr günstigen Randbedingungen (kostengünstiges und ausreichendes Holzangebot, große Anlagen, hohe Wärmenutzungsmöglichkeiten) erreicht werden.
- Um eine Stromerzeugung auf der Basis von Waldholz in einem größeren Umfang zu realisieren, ist eine Erhöhung der EEG-Vergütung notwendig.
- Insbesondere im kleinen elektrischen Leistungsbereich bestehen noch technische Optimierungspotenziale.
- Eine langfristig angelegte Technologieentwicklung im Bereich der Stromerzeugungstechnik ist insbesondere im kleinen Leistungsbereich (Vergasung, ORC, Stirling) notwendig, wenn diese Technologielinie zukünftig erfolgreich am Markt umgesetzt werden soll.
- Untersuchungen zur regionalen Brennstoffverfügbarkeit und zu Brennstoffpreisen sind erforderlich.
- Verbesserte Brennstofflogistikkonzepte sind zu entwickeln.
- Analysen zur Identifikation optimaler Kombinationen einer energetischen Nutzung einerseits und einer stofflichen Nutzung andererseits sind unverzichtbar.

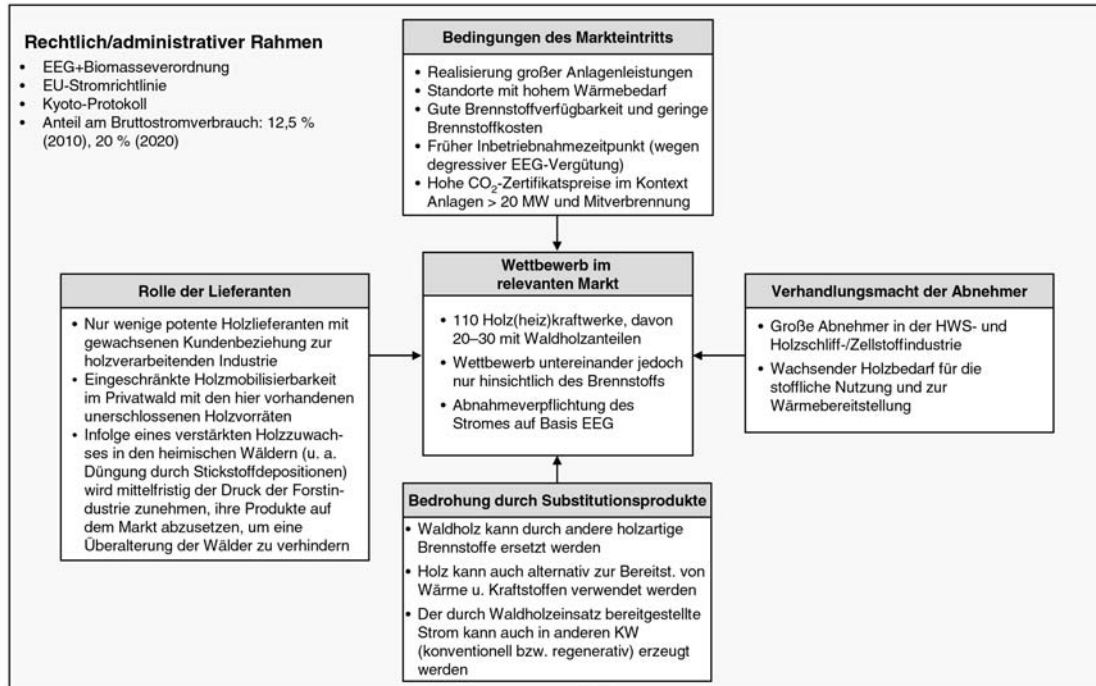


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Waldholzverstromungsmarkt

| Stärken  | Schwächen   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bislang hohe ungenutzte Brennstoffpotenziale</li> <li>• Etablierte Technologien der Brennstoffbereitstellung</li> <li>• Hoher Technologiestandard insb. bei großen Kraftwerksleistungen</li> <li>• Saubere, akzeptable Form der Stromerzeugung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Brennstoffkosten</li> <li>• Teilweise aufwändige Brennstofflogistik</li> <li>• Brennstoffangebot wird von der Holznachfrage für stoffliche Zwecke beeinflusst</li> <li>• Hohe Stromgestehungskosten, insbesondere bei kleinen Leistungen</li> <li>• Wirtschaftlichkeit meist nur mit KWK</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mit Waldholz lässt sich die Stromerzeugung auf Basis von Biomasse wesentlich steigern</li> <li>• Umfang von Waldpflegemaßnahmen erhöht sich</li> <li>• Verstärkte regionale Wertschöpfung</li> <li>• Sicherung von ca. 1,5 AK/a je kt<sub>alro</sub> bereitgestellter Brennstoff in der Forstwirtschaft</li> <li>• Entwicklung exportorientierter Technologien</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brennstoffversorgung ist stark von der Nachfrage der holzverarbeitenden Industrien abhängig</li> <li>• Deutliche Brennstoffpreissteigerungen durch Nachfrageerhöhungen der holzverarbeitenden Industrien sind möglich</li> </ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für die Verstromung von Waldholz

#### 4 Relevante internationale Erfahrungen

Die Verstromung von Waldholz, insbesondere im größeren Leistungsbereich, ist in **Mitteleuropa bislang nur wenig verbreitet**. Hier wurden erst vereinzelt Anlagen realisiert, wie z. B. das Biomassekraftwerk Wien-Simmering. Hauptursache hierfür sind die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die einen wirtschaftlichen Betrieb in der Regel nicht erlauben.

Demgegenüber werden in den skandinavischen Ländern derartige Anlagen bereits seit Jahren erfolgreich – allerdings im Regelfall mit Holzabfällen der holzbe- und -verarbeitenden Industrie betrieben. Die hier gemachten Erfahrungen sind aus technischer Sicht als positiv zu bezeichnen.

| Biomassekraftwerk Simmering  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Brennstofflieferant: Österreichische Bundesforsten</li><li>• Brennstoffausnutzung: ca. 82 %</li><li>• Elektrische Bruttoleistung: 12,36 MW</li><li>• Fernwärmeentnahme (KWK-Betrieb): 39,05 MW</li><li>• Maximale Brennstoffwärmeleistung: 62,5 MW</li><li>• Investitionssumme: 40–45 Mio. €</li><li>• Ökostromerlöse lt. Gesetz: 10,2 ct/kWh (13 Jahre)</li></ul> |

Abbildung: Eckdaten des Biomassekraftwerks Wien-Simmering

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft,  
Holzmarktbericht 2002, Bonn 2004
- C.A.R.M.E.N. e. V.: Bezugsquellen-Biomassekessel größer 1 MW,  
[http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hack\\_g1mw.html](http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hack_g1mw.html)  
(Zugriffszeit 26.02.2005)
- Deutsches Institut für Normung e. V., 2003
- DIN CEN/TS 14588: Feste Biobrennstoffe – Terminologie, Definitionen und  
Beschreibungen. Deutsche Fassung (Vornorm)
- FNR (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie. Gülzow 2000
- Heller, H. G./Baumbach, G.: Optimierung der Feuerungstechnik zur Wärmeerzeugung  
aus aufbereiteten Durchforstungsrückständen. Förderkennzeichen BWD 21006,  
Stuttgart 2004
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Biomassehandel in Europa.  
2. Zwischenbericht, Leipzig 2005
- Kaltschmitt, M./Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken  
und Verfahren. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 2001
- Leible, L./Arlt, A./Fürniß, B./Kälber, S./Kappler, G./Lange, S./Nieke, E./Rösch,  
C./Wintzer, D.: Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Bereitstellung und  
energetische Nutzung organischer Rest- und Abfallstoffe sowie Nebenprodukte als  
Einkommensalternative für die Land- und Forstwirtschaft – Möglichkeiten, Chan-  
cen und Ziele. Wissenschaftliche Berichte, FZKA 6882.  
Karlsruhe Forschungszentrum 2003
- Manthau, U.: Holzrohstoffbilanz Deutschland – Bestandsaufnahme 2002,  
Hamburg 2004
- Manthau, U.; Weimar, H.: Standorte der Holzwirtschaft – Einsatz von Biomasse in  
Industrieanlagen, Hamburg 2004
- Manthau, U.; Weimar, H.; Wierling, R.: Standorte der Holzwirtschaft –  
Holzwerkstoffindustrie, Hamburg 2002
- o. V.: Größtes Biomassekraftwerk Österreichs geht 2006 in Wien ans Netz  
<http://www.wien.gv.at/vtx/vtx-rkxlink?DATUM=20030520&SEITE=020030520016>  
(Zugriffszeit 26.02.2005)
- Polley, H./Hennig, P./Schwitzgebel, F: Holzvorrat, Holzzuwachs und Holznutzung –  
Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur. AFZ – Der Wald 3/2005, S. 111–113.
- Prognos AG: Analyse der Wirksamkeit von CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen im Energie-  
bereich und ihre Weiterentwicklung (Entwurf). Basel/Stuttgart 2004
- Schillig, F.: Strom aus Waldholz: Wo bleibt der Boom? Sonne – Wind – Wärme, 3/2005,  
S. 96–97
- Wittkopf, S./Hömer, U.: Bereitstellungsverfahren für Waldhackschnitzel. Bayerische  
Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft, Freising 2003

## B Flüssige Bioenergieträger

### 1 Zusammenfassung

Der stationäre Einsatz der biogenen Kraftstoffe **Pflanzenöl**, **Biodiesel (PME)** und **Bioethanol** ist aus energiewirtschaftlicher Sicht im Allgemeinen nur bei einer **gekoppelten Erzeugung** von Strom und Wärme (d. h. im BHKW) sinnvoll. **Pflanzenöl** als Kraftstoff für Stationäranlagen hat bisher nur in wenigen Nischen eine Bedeutung erlangt. Aufgrund der Novellierung des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) und der damit verbunden verbesserten Vergütungssituation, kann jedoch mit einem Marktzuwachs gerechnet werden. Der Einsatz von **Biodiesel** in Stationäranlagen ist aus ökonomischen Gründen nur in Ausnahmen eine ernst zunehmende Option, zumal PME in neu installierten Anlagen nicht mehr nach EEG vergütungspflichtig sind. **Bioethanol** für die stationäre Nutzung ist derzeit nicht am deutschen Markt etabliert.

**130 BHKW** wurden 2003 mit **Pflanzenöl** betrieben. Die Gesamtleistung betrug ca.  $9 \text{ MW}_{\text{el}}$  und reichte von  $3 \text{ kW}_{\text{el}}$  bis  $2,6 \text{ MW}_{\text{el}}$ . **9 BHKW** wurden 2003 mit **PME** betrieben. Die Gesamtleistung belief sich auf  $2 \text{ MW}_{\text{el}}$  und reichte von  $2 \text{ kW}_{\text{el}}$  bis  $1,6 \text{ MW}_{\text{el}}$ .

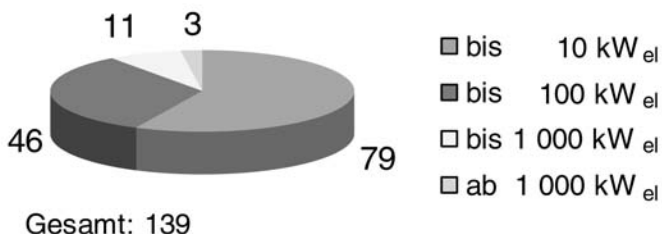


Abbildung: Anlagenzahl von BHKW nach Größenklassen (Stand August 2003)

Die Bereitstellung von flüssigen Bioenergieträgern zur Strom- und Wärmeerzeugung ist mit der Kraftstoffbereitstellung identisch (s. Kapitel *Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol*). Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol werden derzeit zumeist aus **in Deutschland hergestellten Rohstoffen** erzeugt; Raps und Getreide zur energetischen Nutzung sind „klassische“ Produkte der deutschen Landwirtschaft. Da aber der Rohstoffpreis (Ölsaaten, Getreide) einen wesentlichen Anteil an den Strom- bzw. Wärmegestehungskosten einnimmt, stehen die deutschen Produzenten jedoch in **Konkurrenz** mit internationalen Nawaro-Anbietern, wie beispielsweise die Palmölproduzenten.

Die Märkte für Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol für einen Einsatz zur Stromerzeugung haben bisher nur eine vergleichsweise geringe Bedeutung, wobei wie schon beschrieben das novellierte EEG zu einer Marktbelebung führen könnte. Sollte es zu einem Marktwachstum kommen, steht dieser zwangsläufig als Konkurrenz zum Absatzmarkt im mobilen Bereich. Zumal die Produktion von Raps für Energiezwecke nicht im ausreichenden Maße erhöht werden kann, da die Ausdehnungen der Anbauflächen aufgrund von Fruchtfolgegrenzen nur eingeschränkt möglich ist, kann in den kommenden Jahren mit einem mäßigen Wachstum im Markt der Ölsaaten zur Strom- und Wärmegewinnung gerechnet werden. Zudem ist damit zu rechnen, dass vermehrt Soja- und Palmöl eingesetzt werden. Der Markt kann bis **2010** mit ca. 12 Mio. € und bis **2020** mit 14 Mio. € abgeschätzt werden.

Für den Markt von Bioethanol ist die Entwicklung derzeit äußerst ungewiss. Eine Technologie zur Strom- und Wärmegewinnung steht derzeit nicht zur Verfügung. Sollte sich diese jedoch etablieren und die Preise für Bioethanol auf einem relativ niedrigen Niveau bleiben, könnte es zu einem nicht unerheblichen Marktwachstum kommen.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Pflanzenöl- und Ethanol-basierte Kraftstoffe zur Stromerzeugung  |
|---|--|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der stationäre Einsatz von Pflanzenöl und PME hat bisher nur in wenigen engen Nischen eine Bedeutung. Der Marktumsatz für den Anbau von Ölsaaten liegt bei ca. 10 Mio.€/a (23.000 t<sub>Rapsöl</sub>) für den stationären Einsatz</li> <li>• Bioethanol zur stationären Nutzung ist nicht am deutschen Markt etabliert</li> </ul> |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenwärtig marginal, jedoch könnte das novellierte EEG zu einer Marktbelebung führen.</li> <li>• 2010: 12 Mio.€/a</li> <li>• Tendenz 2020: 14 Mio.€/a</li> </ul>   |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch weitere Förderung könnten sich in ländlichen Gebieten zwischen dezentralen Ölmühlen bzw. Bioethanol-Anlagen und BHKW-Betreibern regionale Absatzstrukturen und eine lokale Wertschöpfung entwickeln</li> </ul>  |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Da der Rohstoffpreis (Ölsaaten, Getreide sowie Zuckerrüben) einen wesentlichen Anteil an den Strom- bzw. Wärme-gestehungskosten einnimmt, stehen die deutschen Produzenten in Konkurrenz mit internationalen Nawaro-Anbietern (Problem des Außenschutzes der EU)</li> </ul>   |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechte Erfahrungen beim Einsatz von Pflanzenöl in BHKW</li> <li>• Keine Erfahrungen beim Bioethanol-Einsatz in BHKW</li> <li>• Potenzielle Preissteigerungen für Pflanzenöl bzw. Bioethanol durch Abnahmekonkurrenz durch den Verkehrssektor</li> </ul>  |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch die Produktion und den Einsatz biogener Kraftstoffe ist eine Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber fossilen Diesel- und Benzinkraftstoffen möglich</li> </ul>  |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Markt für flüssige Bioenergieträger zur Stromerzeugung



|               | Pflanzenöl   | Biodiesel  | Bioethanol  |
|---------------|--|--|---|
| Markt-Größe*  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• gegenwärtig marginal</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• gegenwärtig keine Anwendung in Deutschland</li> </ul>  |
| Marktwachstum | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 12 Mio.€</li> <li>• 2020: 14 Mio.€</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: unbedeutend</li> <li>• 2020: unbedeutend</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 4 Mio. €</li> <li>• 2020: 6,5 Mio.€</li> </ul>   |
| Treiber       | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>- Konkurrenz der einheimischen Rohstoffe gegenüber dem Ölsaaten-Weltmarkt</li> <li>- Hohe Förderabhängigkeit</li> <li>- Wartungsintensive Anlagentechnik</li> <li>- Einsatz im Verkehrssektor derzeit maßgeblich (Wirtschaftlichkeit)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>- Konkurrenz der einheimischen Rohstoffe gegenüber dem Ölsaaten-Weltmarkt</li> <li>- Hohe Förderabhängigkeit</li> <li>- Einsatz im Verkehrssektor derzeit maßgeblich (Wirtschaftlichkeit)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Naturprodukt</li> <li>+ Nachfragewachstum im Verkehrssektor</li> <li>- Wettbewerbsposition der einheimischen Produktion gegenüber dem Weltmarkt</li> <li>- Einsatz im Verkehrssektor derzeit maßgeblich</li> <li>- Hohe Förderabhängigkeit</li> </ul> |

\* Marktgröße von Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol bei stationären Anwendungen im Jahr 2004

Abbildung: Übersicht über den Markt für Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol zur Stromerzeugung

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Die Bereitstellung von flüssigen Bioenergieträgern zur Strom- und Wärmeerzeugung ist mit der Kraftstoffbereitstellung identisch (s. Kapitel *Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol*). Die stationäre Nutzung von biogenen Kraftstoffen erfolgt in speziell angepassten Diesel- bzw. Otto-Motoren.

Heute eingesetzte **Pflanzenöl-Motoren** sind primär von kleineren Firmen angepasste Standarddiesel-Motoren, z. T. auch spezielle Dieselmotoren-Entwicklungen (z. B. Drei- bis Vierzylinder-Vorkammermotoren), mit einem meist sehr begrenzten Marktvolumen. Die technische Lebensdauer vieler dieser Motoren ist aber infolge unzulänglicher Anpassung an die Pflanzenöl-Eigenschaften oft mangelhaft. **Marktdominant** sind bisher Motoren im Leistungsbereich deutlich **unter 100 kW<sub>el</sub>**. Grundsätzlich sind aber alle elektrischen Leistungen möglich, mit denen Dieselmotoren auf dem Markt angeboten werden. Bei einem Marktzuwachs aufgrund der Novellierung des EEG, kann mit einem Zubau im besonderen Maße im Leistungsbereich über unter 100 kW<sub>el</sub> gerechnet werden.

Bei **Biodiesel-Motoren** handelt es sich im Allgemeinen um konventionelle Dieselmotoren, die problemlos an Biodiesel angepasst werden können. Zu diesem Motorentyp gibt es vielfältige Erfahrungen im Verkehrssektor.

**Bioethanol-Motoren** für den stationären Einsatz sind derzeit nicht auf dem deutschen Markt verfügbar, wohl aber in anderen Ländern.

Landwirtschaftliche Ausgangsstoffe für eine Bereitstellung von Pflanzenöl-basierten Kraftstoffen und von Bioethanol können unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich nur im konventionellen oder integrierten Landbau produziert werden. Folglich sind mit ihrer Bereitstellung u. a. **Emissionen der eingesetzten Landmaschinen** (z. B. Dieselpartikel), ggf. eine **Grundwasserbelastung** aufgrund des Düngemittleinsatzes oder auch u. U. **Bodenerosion** durch den Ackerbau verbunden. Die Umwelteffekte der eigentlichen Pflanzenöl- bzw. Bioethanolproduktion liegen in einem Bereich, wie er aus der Lebensmittelbe- und -verarbeitung bekannt ist (u. a. Geruchsemissionen, Emissionen luftgetragener Schadstoffe). Derartige umweltrelevante Effekte sind jedoch weitgehend gesetzlich geregelt. Rapsöl und Bioethanol als Kraftstoffe sind „**nicht wassergefährdend**“ und **biologisch abbaubar**. Deshalb werden z. B. Rapsölkraftstoffe häufig in umweltsensiblen Bereichen, z. B. in Naturschutzgebieten, eingesetzt.

Die bei der Pflanzenölproduktion eingesetzten Verfahren unterscheiden sich erheblich in ihrem **Energiebedarf**. Im großtechnischen Produktionsverfahren beläuft sich der Energiebedarf auf etwa 1,7 GJ/t Ölsaart, im dezentralen Verfahren auf 0,1 bis 0,5 GJ/t Ölsaart.

### 3 Analyse des Marktes

Pflanzenöl- und Biodiesel-BHKW hatten in der Vergangenheit in Deutschland nur die Bedeutung eines Nischenmarktes. Wesentliche Einsatzbereiche für **Pflanzenöl- und Biodiesel-Kraftstoff** liegen bei der Inselversorgung, z. B. auf einer Berghütte, oder im Netz-Parallelbetrieb unter gleichzeitiger Nutzung der anfallenden Wärme. Die meisten Pflanzenöl- und Biodiesel-BHKW werden in Süddeutschland betrieben (Stand: August 2003). Viele der bisher durchgeführten Projekte wurden mit einer zusätzlichen Investitionsförderung (z. B. in Bayern durch CARMEN) realisiert.

BHKW auf der Basis von Bioethanol sind bislang in Deutschland noch nicht etabliert. Grundsätzlich bestehen aber für Bioethanol im Stationärbereich die gleichen Marktchancen wie für die auf Pflanzenöl basierten Kraftstoffe, allerdings mit dem Unterschied, dass Reinethanol-Motoren auf dem deutschen Markt derzeit (noch) nicht verfügbar sind.

Die Potenziale an bereitstellbaren Kraftstoffen für den stationären Einsatz von Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol entsprechen denen für den mobilen Einsatz (vgl. die entsprechenden Kapitel).

Da der **Qualitätsstandard für Rapsöl als Kraftstoff** (RK-Qualitätsstandard 5/2000) nicht den Status einer Norm besitzt, hemmt dies die Marktentwicklung. Eine Norm für Pflanzenöl als Kraftstoff befindet sich jedoch in Bearbeitung. In der Vergangenheit entwickelte sich der Markt für **Pflanzenöl-BHKW** infolge der z. T. anfälligen Technik nur sehr langsam. Aufgrund des novellierten EEG und der damit verbesserten Vergütungssituation könnte sich dieses erheblich verbessern.

Für **Biodiesel** hingegen ist eine Qualitätsnorm verfügbar (**DIN EN 14214**). Zumal Biodiesel nur innerhalb von 3 Jahren nach Inkrafttreten der Biomasseverordnung vergütungspflichtig nach EEG war, ist zukünftig keine weitere Marktentwicklung für **Biodiesel-BHKW** zu erwarten.

Der Markt für mit **Bioethanol-Kraftstoff** betriebene Stationäranlagen (Bioethanol-BHKW) ist bisher **nicht vorhanden**. Bei Einführung von kostengünstigen Reinethanol-Motoren auf dem deutschen Markt und bei

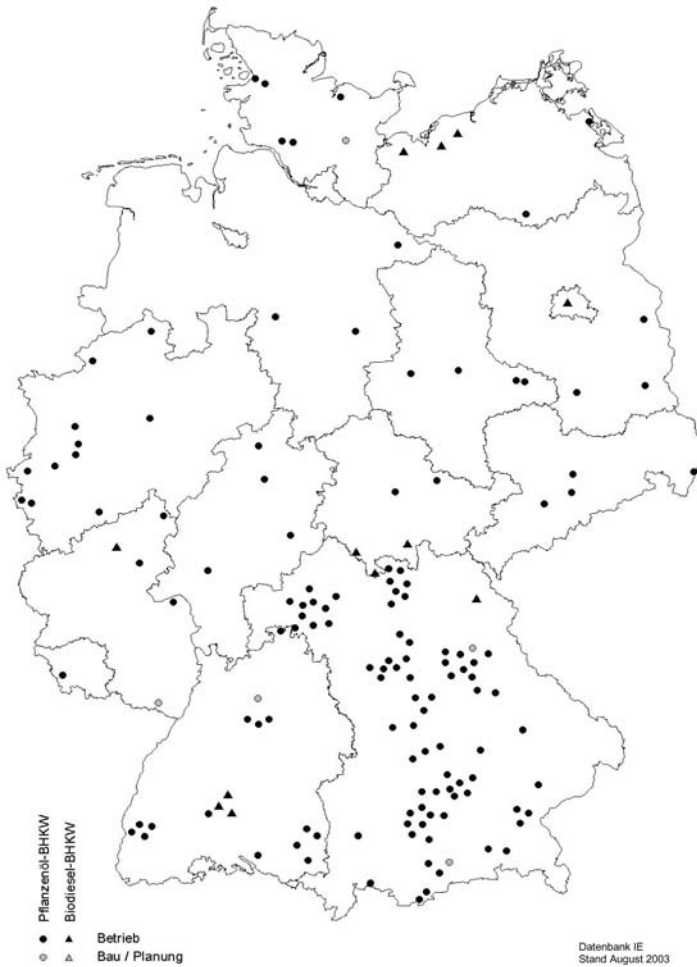


Abbildung: Geographische Verteilung von Pflanzenöl- und Biodiesel-BHKW in Deutschland (Stand: August 2003)

vergleichsweise niedrigen Bioethanolpreisen ist mittelfristig ein Marktwachstum vorstellbar.

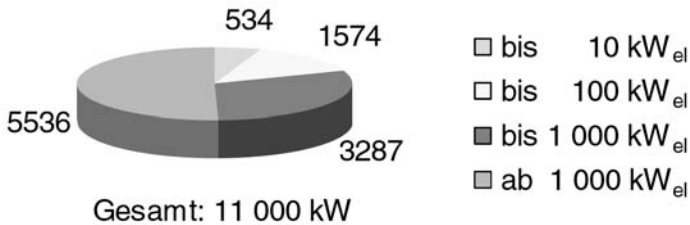


Abbildung: *Installierte elektrische Leistung von Pflanzenöl- und PME-BHKW (Stand August 2003)*

Aus rechtlich-administrativer Sicht ist der Einsatz von Pflanzenöl, Biodiesel bzw. Bioethanol in stationären Anlagen (d. h. BHKW) weitgehend problemlos möglich. Der stationäre Einsatz dieser Energieträger ist jedoch wirtschaftlich nur durch das EEG (und hier insb. durch Nawaro- und KWK-Bonus) in Ansätzen wirtschaftlich darstellbar. Im Einzelnen sind u. a. die folgenden rechtlich-administrativen Rahmenbedingungen zu beachten:

- Baurechtliche Genehmigung (Bauordnung, Feuerungsanlagenverordnung),
- immissionsschutzrechtliche Vorgaben,
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bzw. Biomasse-Verordnung,
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz,
- Heizungsanlagen-Verordnung bzw. Wärmeschutzverordnung,
- einschlägige Brennstoffnormen für Bioethanol,
- Qualitätsvorgaben für naturbelassenes Pflanzenöl bzw. für Biodiesel.

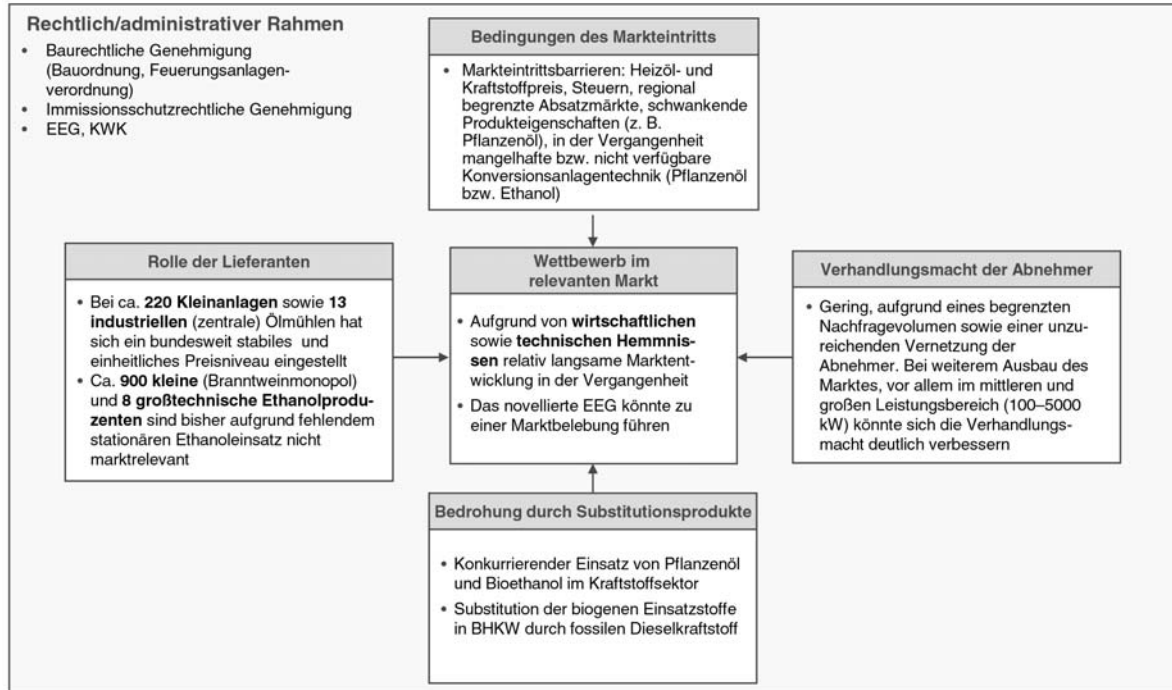


Abbildung: Wettbewerbsdynamik für den Einsatz biogener Kraftstoffe im Energiemarkt

| Stärken  | Schwächen   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• KWK im kleinen Leistungsbereich zur Nutzung der anfallenden Wärme</li> <li>• Hoher Gesamt-Wirkungsgrad der Brennstoffnutzung von 70–90 %</li> <li>• Möglichkeit des Einsatzes von Bioenergie auch im dicht besiedelten städtischen Umfeld</li> <li>• Keine Wassergefährdung durch den Kraftstoff (Boden- und Gewässerschutz)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betrieb und Wartung von Pflanzenöl-BHKW bisher relativ aufwändig. Jedoch durchaus deutliches technisches Weiterentwicklungspotenzial</li> <li>• Im Vergleich zu Stationär-Dieselmotoren relativ hohe Investitions- und Instandhaltungskosten</li> <li>• Relative hohe Qualitätsanforderungen an das Pflanzenöl</li> <li>• Derzeitige Rahmenbedingungen fördern Einsatz im mobilen Bereich (d. h. Einsatz von Biodiesel und E5-Kraftstoff)</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz in Umwelt-sensiblen Bereichen ausbaubar</li> <li>• Einsatz von Pflanzöl-BHKW mit regionalen Absatzstrukturen und lokaler Wertschöpfung</li> <li>• Perspektivisch steigende Preise für fossile Energieträger verbessern die Wirtschaftlichkeit der Produktion und Nutzung von Pflanzenölen und Bioethanol für energetische Zwecke</li> <li>• Unabhängigkeit von Energieimporten und damit Verbesserung der Sicherheit der Energieversorgung</li> <li>• Wirtschaftlich verbesserte Situation aufgrund novelliertem EEG</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlechte Erfahrungen beim Einsatz von Pflanzenöl in BHKW</li> <li>• Keine Erfahrungen beim Bioethanol-Einsatz in BHKW</li> <li>• Potenzielle Preissteigerungen für Pflanzenöl bzw. Bioethanol durch Abnahmekonkurrenz des Verkehrssektors</li> </ul>  |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für den stationären Einsatz biogener Kraftstoffe im Energiemarkt

## 4 Quellenverzeichnis

### Literatur

- C.A.R.M.E.N. – Centrale-Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-  
Netzwerk e. V.: Das EEG für Pflanzenöl-BHKWs, [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)
- C.A.R.M.E.N. – Centrale-Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-  
Netzwerk e. V.: Pflanzenöl BHKW in Bayern. [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)
- Graf, T./Reinhold G./Peisker, D.: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte des  
Einsatzes von Rapsöl-BHKW's. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft,  
November 2004
- Graf, T./Reinhold, G.: Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit rapsölbetriebener  
Blockheizkraftwerke. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Internationales Expertenforum „Rapsölkraftstoff in Traktoren und  
Blockheizkraftwerken“ am 25. Februar 2002 in Straubing
- Janzing, B.: Aus Alkohol wird Licht. Die tageszeitung, taz Nr. 7551 vom 29.12.2004, S. 7
- Pflanzenöl als Kraftstoff für Dieselmotoren – Qualität Lagerung Versorgung. Lehrstuhl  
für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren, Universität Rostock
- Stotz, K./Remmele, E.: Dezentrale Ölsaatenverarbeitung in Deutschland. Technologie-  
und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe,  
Straubing August 2004
- Widmann, B. A./Thuneke, K./Remmele, E.: Begleitforschung zur Standardisierung von  
Rapsöl als Kraftstoff für pflanzenöлтаugliche Dieselmotoren in Fahrzeugen und  
BHKW. Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und  
Forsten, München August 2000
- Widmann, B. A./Thuneke, K./Remmele, E.: Pflanzenölbetrieben Blockheizkraftwerke –  
Leitfaden. Bayrische Landesanstalt für Landtechnik, München-Weihenstephan  
April 2002



## C Biogas aus Nawaro

### 1 Zusammenfassung

**Ende 2004** wurden **ca. 2.000 Biogasanlagen** mit einer installierten Leistung von 250 MW<sub>el</sub> in Deutschland betrieben. Wachsende Erfahrungen sorgen für eine zunehmend verlässliche und **ausgereifte Technologie**, die am Markt bereits gut etabliert ist. Dabei nimmt die installierte **elektrische Leistung** der Biogasanlagen beständig zu, da aufgrund des EEG gut kalkulierbare Bedingungen für Biogasanlagen bestehen.

Die Biogas-Verstromung ist ein **stark wachsender Markt**. Im Jahr 2004 wurden etwa 1,7 TWh an elektrischer Energie aus Biogas erzeugt. Von dem vorhandenen **Biomassepotenzial** von 260 PJ/a wurden damit etwa 15 PJ/a (6 %) genutzt. Hiervon entfällt ein geschätzter Anteil von 1,5 PJ (10 %) auf Nawaro.

Zurzeit wird die Biogasproduktion noch durch den **Einsatz von Gülle** dominiert. Es ist aber absehbar, dass sich ein Markt für **Biogassubstrate aus Nawaro** (z. B. Maissilage) entwickelt. Aufgrund der aus ökonomischen Gründen meist notwendigen lokalen Nähe zwischen Biomasseanfall und Biogasanlage besteht kaum eine **Marktkonkurrenz** aus dem Ausland. Die lokal begrenzte Konkurrenz kann allerdings zu einem Wettbewerb um Ackerflächen für den Substratanbau – und damit zu steigenden Pachtgebühren – führen.

Ein weiteres **Marktwachstum** erfordert die Erschließung neuer Quellen für Biogassubstrate sowie eine weitergehende **Förderung** durch das EEG. Bei einem Nawaro-Einsatz liegt die Vergütung, die 20 Jahre gewährt wird, je nach Anlagenart zwischen ca. 16 und 21 ct/kWh. Bis 2010 ist mit einem Marktwachstum von etwa 70 % p. a. für Nawaro zu rechnen (54 PJ/a Biomassenutzung, davon 34 PJ Nawaro). Dieses außergewöhnlich hohe Marktwachstum leitet sich aus den positiven Wirkungen der EEG-Novelle vom August 2004 ab. Die Marktbeobachtungen des IE Leipzig u. a. im Zusammenhang mit dem Monitoring zur Biomasseverordnung und den Auswirkungen des EEG bestätigen diese Marktprognose. Von **2010 bis 2020** sinkt das Marktwachstum – keine Veränderungen der gegenwärtigen Rahmenbedingungen unterstellt – für Nawaro auf 6 % p. a (85 PJ/a Biomasse, davon 63 PJ Nawaro).

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Biogas zur Stromerzeugung  |
|---|--|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absatz: 15 PJ/a Biomasse, 1,7 TWh/a Strom</li> <li>• Notwendige Subvention nach EEG: 175 Mio. € p.a. für Strom (EEG-Vergütung abzüglich Strompreis)</li> <li>• Auf Nawaro entfällt ein geschätzter Anteil von 10 % (1,5 PJ) mit einem Marktvolumen von 12,5 Mio. €</li> </ul>   |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: Absatzanstieg Nawaro von derzeit 1,5 PJ/a auf 34 PJ/a (68 % p. a.)</li> <li>• Tendenz 2020: Absatzzunahme ab 2010 etwa 6 % p. a. (ca. 63 PJ Nawaro)</li> </ul>  |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: bei durchschnittlicher Stromeinspeisevergütung Subventionen notwendig von rund 630 Mio. € p. a.</li> <li>• Tendenz 2020: bei durchschnittlicher Stromeinspeisevergütung Subventionen notwendig von rund 1.000 Mio. € p. a.</li> <li>• Der Nawaro-Markt wird sich von etwa 12,5 Mio. € (2004) auf 290 Mio. € bis 2010 erhöhen</li> </ul> |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgrund von hohen Transportkosten werden Biogassubstrate nicht in größerem Umfang im- oder exportiert werden</li> </ul>  |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Politische Risiken (Wegfall oder Minderung der festgelegten Stromeinspeisevergütung)</li> <li>• Preisrisiken bei Nawaro zum Einsatz in Biogasanlagen, da mit zunehmender Nachfrage im Umfeld einer Anlage Angebotsengpässe auftreten können</li> </ul>  |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen z. B. gegenüber Stromerzeugung auf Basis fossiler Brennstoffe</li> <li>• Erhöhung der Versorgungssicherheit für die Stromversorgung auf Basis heimischer Energierohstoffe</li> </ul>  |

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Biogas ist ein **Wasserdampf-gesättigtes Mischgas**, das unter anaeroben Bedingungen beim biologischen Abbau organischen Materials entsteht. Es setzt sich zusammen aus 50 bis 70 % Methan, 25 bis 45 % Kohlenstoffdioxid, 2 bis 7 % Wasser sowie aus diversen Spurenbestandteilen. Der **Brennstoff** (Wertstoff) im Biogas ist **Methan** mit einem unteren Heizwert von 9,97 kWh/m<sup>3</sup>. Biogas kann aus Nawaro, aus Rückständen oder Nebenprodukten von Nawaro sowie aus pflanzlichen und tierischen Abfällen produziert werden. Hier wird nur die **Biogaserzeugung aus Substraten der landwirtschaftlichen Primärproduktion** betrachtet.

| Produkt(gruppe)                                     | Wertschöpfungsketten   |
|---|--|
| Biogas aus Nawaro                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Anbau Nawaro → Ernte → Transport → Aufbereitung, Lagerung evtl. Silierung → evtl. zusätzlicher Transport → anaerobe Fermentation in einer Biogasanlage → Biogasnutzung z. B. im BHKW zur Strom- und Wärmebereitstellung → Ausbringung der Gärrückstände</li> </ul>                                |
| Biogas aus Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sammeln, Verfügbarmachung der Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle → Transport → evtl. Aufbereitung → evtl. Lagerung → evtl. Transport → anaerobe Fermentation in einer Biogasanlage → Biogasnutzung z. B. im BHKW zur Strom- und Wärmebereitstellung → Ausbringung der Gärrückstände</li> </ul> |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Biogas

**Anbau und Substratbereitstellung** sind bewährte konventionelle landwirtschaftliche Techniken. Die **Biogastechnologie** ist aufgrund der biochemischen Konversion mit den „Bakterien-Fressketten“ ein **sensibler und komplexer Prozess**, der aus verfahrenstechnischer Sicht optimal gefahren werden muss, um einen stabilen Abbau sicherzustellen. Die **Nassvergärung** gilt als erprobte und funktionierende Technologie. Es sind ausgereifte Komplettanlagen mit sehr unterschiedlichen, an die jeweiligen Substrateigenschaften speziell angepassten verfahrenstechnischen Lösungen auf dem Markt verfügbar. **F&E-Bedarf** besteht noch zu speziellen Fragestellungen, u. a. zur Optimierung des anaeroben Abbaus und der Prozessüberwachung. Typischerweise wird das Substrat (z. B. Gülle, Nawaro) in einen luftdicht abgeschlossenen Reaktor (Fermenter) gepumpt. Hier entsteht mit Hilfe verschiedener Mikroorganismen das Biogas. Das ausgegorene Substrat gelangt in ein Gärrestlager. Das Biogas wird in den meisten Anwendungsfällen in einem BHKW genutzt.

Für die **Trockenfermentation**, die mit einer Vielzahl unterschiedlicher Verfahren realisiert wird, besteht noch ein **z. T. erheblicher F&E-Bedarf** hinsichtlich Biogasausbeuten, Beschickung und Optimierung. Grundsätzlich sind Anlagen zur Nassfermentation und ggf. zur Trockenfermentation mit installierten **elektrischen Leistungen zwischen wenigen kW und mehreren MW** verfügbar, wobei die **durchschnittliche Leistung** zurzeit – jedoch bei deutlich steigender Tendenz – bei ca. 350 kW liegt. Die **Gasnutzung im BHKW** (d. h. im Gasmotor) ist die etablierte Standard-Technik. Bei allen neuen Technologien zur Verstromung bzw. KWK, u. a. der Mikrogasturbine, der Brennstoffzelle und der Stirlingmaschine, besteht noch erheblicher F&E-Bedarf.

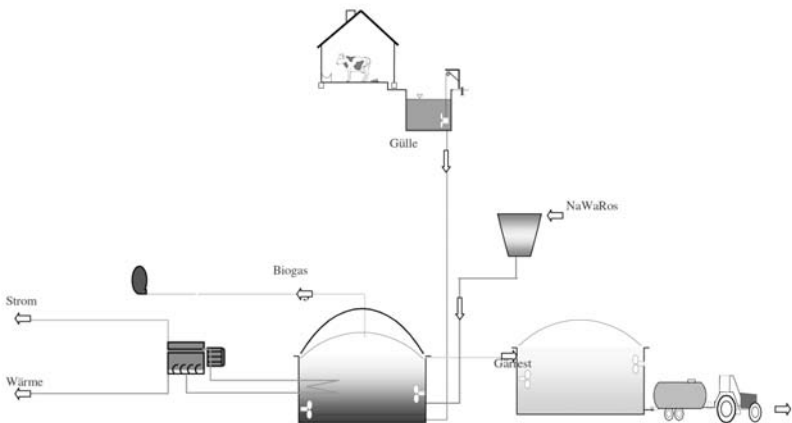


Abbildung: Schematische Darstellung einer typischen landwirtschaftlichen Biogasanlage

Da die **Biogasproduktion störungssensibel ist**, müssen die Anlagen im Hinblick auf die biochemischen Prozesse weiter optimiert werden (d. h. Verhindern eines „Umkippen“, optimale Reaktorbelastung, Verweilzeiten). **Forschungsbedarf** besteht u. a. zu folgenden Themen:

- vermehrter oder ausschließlicher Einsatz von Nawaro in entsprechend angepassten Biogasanlagen,
- Entwicklung und Optimierung der Technik zur Trockenfermentation,
- Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz.

Umweltstudien kommen zu der folgenden **ökologischen Bewertung** von Biogas. Mais und andere Pflanzen als Substrate für Biogasanlagen können wirtschaftlich nur im konventionellen oder integrierten Landbau produziert werden. Folglich sind mit ihrer Bereitstellung u. a. Emissionen der eingesetzten Landmaschinen (z. B. Dieselpartikel), eine potenzielle Belastung des Grundwassers aufgrund des Düngemittleinsatzes oder auch eine mögliche Bodenerosion durch den Ackerbau verbunden. Durch die Gärrestausbringung wird der Düngemittleinsatz allerdings relativiert. Diese Umwelteffekte bewegen sich aber in dem Rahmen, der von der landwirtschaftlichen Nahrungs- und Futtermittelproduktion her bekannt ist, oder sie liegen sogar darunter. Somit ist durch einen entsprechenden Energiepflanzenanbau unter bestimmten Bedingungen sogar eine **Reduktion der Umwelteffekte der bisherigen landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion** erreichbar.

Da die **Energiedichte** von Nawaro im Vergleich zu fossilen Energieträgern gering ist und die Biomasse zusätzlich durch einen entsprechenden Wassergehalt gekennzeichnet ist – der Energieinhalt der organischen Trockenmasse ist z. T. deutlich geringer –, muss je Energieeinheit mehr Masse transportiert werden. Zwar sind somit die durch den Transport verursachten spezifischen Umweltbelastungen höher als beim Transport von fossilen Energieträgern, die Transportwege sind aber in der Regel wesentlich kürzer; daraus resultieren absolut gesehen deutlich geringere Umweltauswirkungen. Die **Umwelteffekte** der anaeroben Fermentation entsprechen denen jeder anderen bioverfahrenstechnischen Anlage und liegen in der aus der entsprechenden Industrie bekannten Größenordnung. Sie sind zudem gesetzlich geregelt. Potenzielle Umweltprobleme kann es im Allgemeinen nur in Störfällen geben (z. B. Leckagen an Gasleitungen, Schaumbildung im Reaktor und Überlauf), die aber bei einem ordnungsgemäßen Betrieb und einer regelmäßigen Wartung vermeidbar sind.

Fermentierte Gülle, ggf. vermischt mit anderen Substraten (z. B. Maisilage), emittiert wesentlich **weniger Geruchsstoffe** als unbehandelte, da die Geruchsstoffe im Reaktor u. a. zu Methan und Kohlenstoffdioxid abgebaut werden. So ist die Ausbringung von vergorenem Substrat im Vergleich zu Roh-Gülle normalerweise mit geringeren Freisetzungen an unerwünschten Emissionen verbunden. Dies wird auch von der Ausbringungstechnik beeinflusst (z. B. Schleppschlauchverfahren).

Die bei der **Gasnutzung im BHKW** freigesetzten Emissionen sind gesetzlich geregelt und können auch mit den heute vorhandenen Aggregaten – unter der Voraussetzung eines vorschriftsmäßigen Betriebes und einer regelmäßigen Wartung – sicher eingehalten werden. Das bei der Verbrennung von Nawaro **freigesetzte CO<sub>2</sub>** gilt als **klimaneutral**, da es beim Wachstum der Pflanze der Atmosphäre entzogen wurde. Durch die Reduzierung von Methanemissionen sowie ggf. von Lachgasemissionen, die bei der konventionellen Güllewirtschaft unvermeidlich sind, sind Biogasanlagen je nach Anlagenkonfiguration in der Regel **Klimagas-Senken**. Außerdem kommt es zu einer Gülleaufwertung, da der im Gärsubstrat vorhandene Stickstoff infolge der anaeroben Fermentation pflanzenverfügbarer ist und dadurch im Vergleich zur unvergorenen Gülle effizienter Mineraldünger ersetzt werden kann.

### **3 Analyse des Marktes**

Die Strom- und Wärmeerzeugung aus Biogas erfolgt meist in **BHKW** (Blockheizkraftwerk). **Wirtschaftliche Anlagengrößen** liegen typischerweise zwischen dem unteren dreistelligen kW-Bereich bis in den unteren einstelligen MW-Bereich. Der so gewonnene **Strom** wird im Regelfall nach den Vorgaben des EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) in das Netz der öffentlichen Versorgung zu gesetzlich festgelegten Sätzen eingespeist. Die grundsätzlich ebenfalls denkbare deutschlandweite Vermarktung des Produktes „grüner Strom“ hat bisher wenig Bedeutung. **Wärme** wird im landwirtschaftlichen Bereich infolge einer im Regelfall nicht vorhandenen Wärmenachfrage, mit Ausnahme des prozessintern benötigten Anteils zur Beheizung des Biogas-Reaktors, nur in Einzelfällen genutzt. Die **lokale Nähe** zwischen der Nawaro-Erzeugung und der Biogasanlage bzw. dem BHKW ist zwecks einer ökonomischen Optimierung der Transportkosten erforderlich.

Der **Einsatz von Gülle** erhöht infolge der derzeitigen Setzung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlagen, da Gülle im Unterschied zu Energiepflanzen (z. B. Mais-silage) als Inputmaterial meist keine zusätzlichen Kosten verursacht. Mittelfristig ist aber zu erwarten, dass sich ein **Markt für Biogassubstrate** aus nachwachsenden Rohstoffen (z. B. Maissilage) entwickelt. Der Einsatz nicht-landwirtschaftlicher Co-Substrate (gebrauchtes Frittierfett, Speisereste u. ä.) hat nach der Novellierung des EEG im Sommer 2004 in Bezug

auf die insgesamt eingesetzten Mengen an Bedeutung verloren. Der **Markt** für landwirtschaftliche Biogasanlagen ist bezüglich der folgenden Faktoren klar begrenzt:

- Zielgruppe, also Landwirtschaftsunternehmen,
- eingesetzte Substrate, also im Wesentlichen Gülle und Nawaro wie u. a. Maissilage,
- genutzte Biogas-Verfahrenstechnik, d. h. Nassfermentation sowie in Ausnahmefällen Trockenfermentation,
- angewendete BHKW-Technik.

Der **Wettbewerb** auf dem Biogasmarkt wird durch eine sehr große Vielfalt der Anbieter geprägt. Für die Bereitstellung der Nawaro besteht eine lokal begrenzte Konkurrenz der Landwirte untereinander (d. h. Erweiterung der Absatzmärkte für Nawaro). Zusätzlich besteht ein Wettbewerb um die verfügbaren Ackerflächen, in dessen Folge die Pacht steigen könnte. Mittelfristig könnte vor dem Hintergrund der a priori begrenzten landwirtschaftlichen Nutzflächen eine **Konkurrenz** zwischen dem Pflanzenbau zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion einerseits und zur Bereitstellung von Energiepflanzen andererseits entstehen. Diese Wettbewerbssituation könnte zukünftig durch die Züchtung massereicherer Pflanzen zur Biomassebereitstellung entschärft werden. Biogasanlagen werden als **landwirtschaftliche Unternehmung** betrieben und sind hauptsächlich dem Bauernhof oder den Genossenschaften in Form von Einzelunternehmen oder Personengesellschaften zugeordnet.

Das **Potenzial von Biogas** lag im Jahr **2004** bei **ca. 260 PJ/a**. Davon entfielen **96 PJ/a** auf tierische Exkrememente und Einstreu, während ca. 30 PJ/a auf halmgutartigen Rückständen basierten. Industrielle Rückstände hatten ein Biogaspotenzial von ca. 12 PJ/a, kommunale Abfälle von ca. 15 PJ/a. Bei einem Anbau von Nawaro zur Biogasproduktion auf 555.000 ha Land ergibt sich ein Potenzial von ca. 85 PJ/a.

Etwa 0,4 % des **Stromverbrauchs** mit einem Wert von ca. 248 Mio. € wurden im Jahr **2004** durch Biogasanlagen abgedeckt. Das Potenzial zur Stromproduktion aus Biogas beträgt bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 34 % ca. 90 PJ/a. Dies entspricht einem Wert von ca. 3,3 Mrd. € und einem Anteil von etwa 5 % der deutschen Stromproduktion.

Aufgrund des EEG hat der **Zubau an Biogasanlagen** auf der Basis landwirtschaftlicher Substrate eine erhebliche Dynamik erfahren. 2003

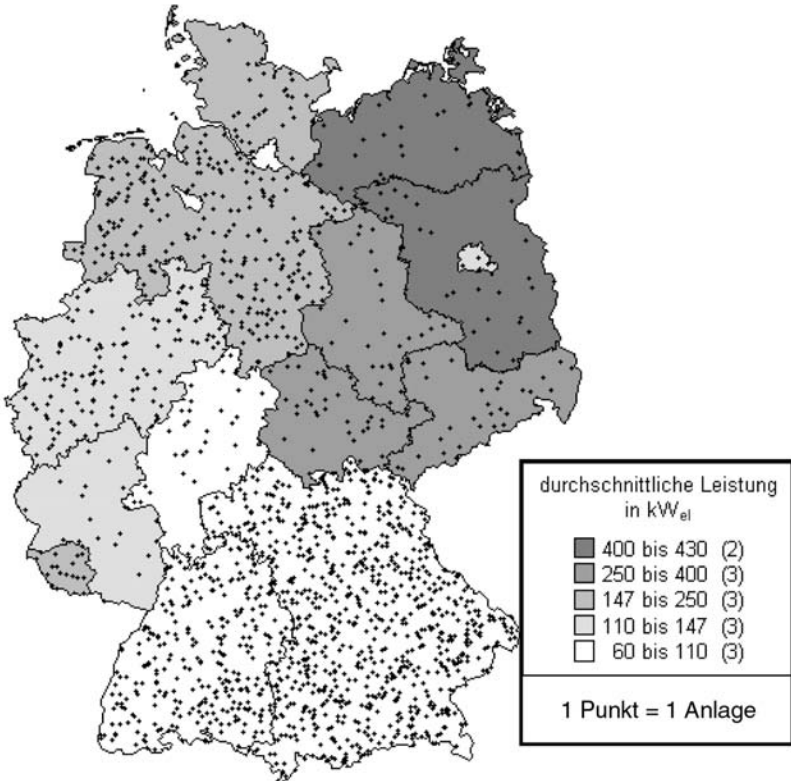


Abbildung: Geographische Verteilung von Biogasanlagen in Deutschland

wurden 160 neue Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 30 MW errichtet, 2004 folgten weitere 250 Anlagen mit ca. 55 MW; für 2005 werden 700 bis 1.000 Neuanlagen erwartet. Der Großteil dieser Anlagen entstand in Bayern. Insgesamt waren Ende 2004 etwa 2.000 Biogasanlagen mit etwa 250 MW und einer potenziellen Jahresstromerzeugung von ca. 1,7 TWh/a in Betrieb. Die reale Erzeugung lag auf Grund des über das Jahr verteilten Zubaus mit etwa 1,35 TWh etwas darunter.



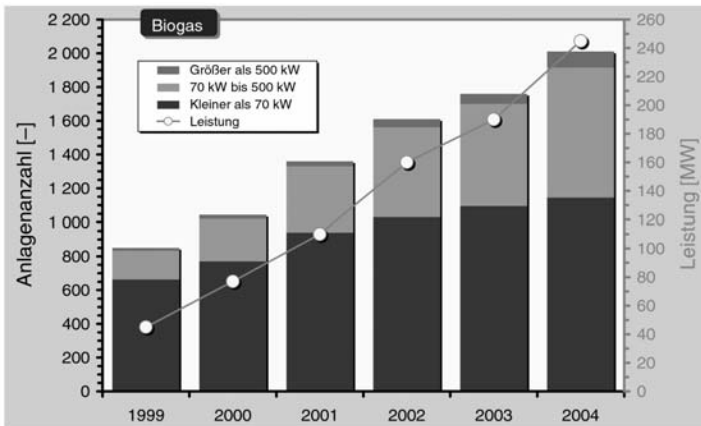


Abbildung: Marktentwicklung von Biogas bis 2004

Ausbau, Anzahl und Leistungsgröße von Biogasanlagen werden in den nächsten zwei bis drei Jahren weiter wachsen; es ist von etwa gleichen Steigerungsraten wie zurzeit auszugehen. Die **Verstromung von Biogas** wird dabei auch weiterhin die häufigste Nutzungsvariante bleiben. Bis zum Jahr 2010 kann mit einer durchschnittlichen **Steigerung von ca. 30 % p. a.** der gesamten installierten elektrischen Leistung gerechnet werden. Aus dieser Marktentwicklung resultiert ein Biomasseeinsatz von 54 PJ, wovon etwa 34 PJ auf Nawaro entfallen werden.

Die längerfristige Marktentwicklung im Zeitraum von **2010 bis 2020** hängt von folgenden Faktoren ab:

- Investitionsklima in Deutschland,
- Entwicklung der Nawaro-Preise,
- gesetzliche Rahmenbedingung.

Es wird erwartet, dass die Verstromung von Biogas im Vergleich zur Einspeisung ins Erdgasnetz auch weiterhin die lukrativste Biogas-Nutzungsvariante sein wird. Tendenziell kann mit einer durchschnittlichen **Steigerung von ca. 5 % p. a.** der gesamten installierten elektrischen Leistung 2010 bis 2020 gerechnet werden.

Aus dieser **Marktentwicklung** resultiert ein **Biomasseeinsatz** von 85 PJ, wobei etwa **63 PJ aus Nawaro** stammen werden.

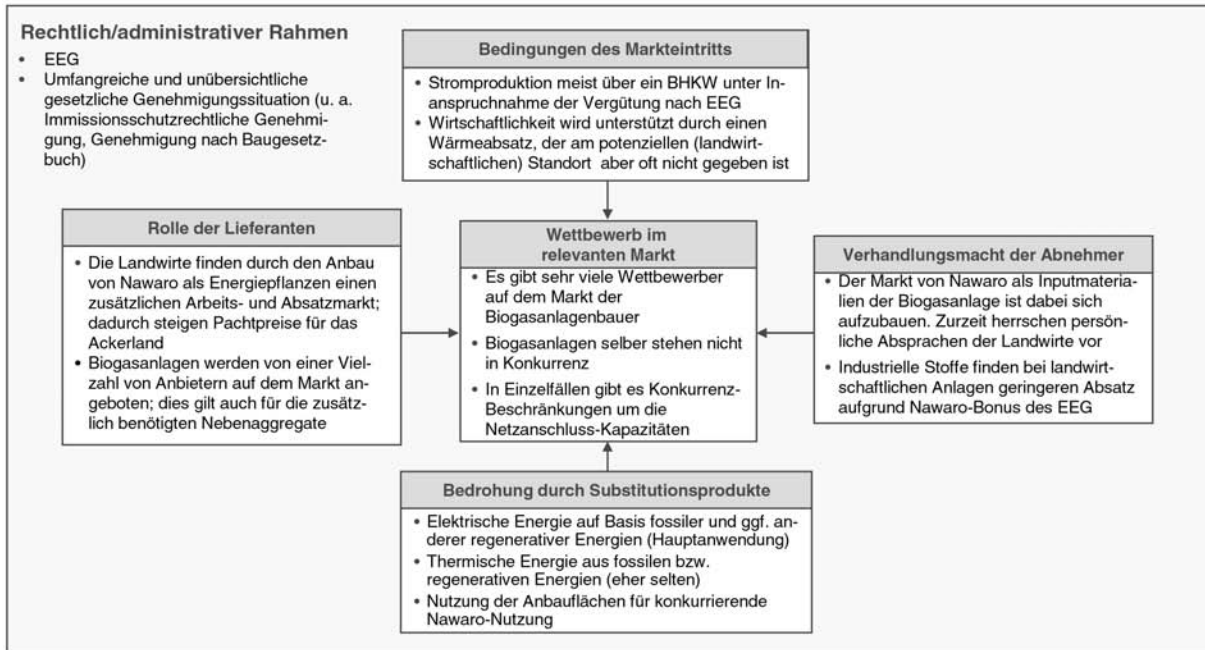


Abbildung: Wettbewerbssituation von Biogas zur Stromerzeugung

Aufgrund der **energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen** sind Gülle-basierte Biogasanlagen bereits auf dem Markt etabliert, während Nawaro-basierte Anlagen derzeit verstärkt auf den Markt drängen. Die **Investitionskosten** für Biogasanlagen variieren stark und betragen von wenigen 100.000 € bis zu mehreren Millionen €, wobei der Grundpreis bei 2.000 bis 5.000 €/kW liegt. Die Investitionskosten für ein BHKW sind stark leistungsabhängig und liegen üblicherweise bei 50.000 bis 1.000.000 €. Die **Vergütung für Strom aus Biogas** nach EEG (Inbetriebnahme 2005), wobei ein Bonus von 4 bis 6 ct/kWh für Strom aus Nawaro sowie ein KWK-Zuschlag von 2 ct/kWh berücksichtigt ist, gliedert sich wie folgt:

- bis 150 kW: 19,33 ct/kWh,
- bis 500 kW: 17,75 ct/kWh,
- bis 5 MW: 14,77 ct/kWh,
- über 5 MW: 10,27 ct/kWh.

| <b>Biogasanlage</b>   | Gülle 90 % / NawaRo 10 % |                       |                       |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Biogas Output         | 50 m <sup>3</sup> /h     | 250 m <sup>3</sup> /h | 500 m <sup>3</sup> /h |
| BHKW-Modul            | 99 kW                    | 544 kW                | 1155 kW               |
| <b>Investition</b>    | 463.387 €                | 1.575.575 €           | 2.716.255 €           |
| Technik               | 221.170 €                | 573.260 €             | 902.570 €             |
| Bauliche Anlagen      | 192.545 €                | 833.263 €             | 1.518.025 €           |
| Sonstiges             | 49.672 €                 | 169.052 €             | 295.660 €             |
| <b>Betriebskosten</b> | 82.131 €/a               | 282.315 €/a           | 562.009 €/a           |

Abbildung: Übersicht der Kosten für Biogasanlagen

Die **Abnehmer** von landwirtschaftlichen Inputmaterialien, d. h. von Nawaro, für den Einsatz in einer Biogasanlage sind in der Regel Landwirte, die mit anderen Landwirten die Rohstofflieferungen abstimmen. Hier wird sich ein Markt herausbilden, wie er beispielsweise auch für Futtermittel besteht. **Landwirtschaftliche Biogasanlagenbetreiber** neh-

men unter bestimmten Bedingungen auch organische Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle aus der (Lebensmittel bearbeitenden und verarbeitenden) Industrie ab.

Abnehmer von elektrischem Strom sind in der Regel die **Netzbetreiber**, die entsprechend den gesetzlichen Vorgaben die elektrische Energie abnehmen müssen.

Anders stellt sich die Situation bei der **Wärmeabnahme** dar, denn die aus Biogas in KWK erzeugte Wärme steht in Konkurrenz zu der Wärmebereitstellung aus anderen regenerativen Energien sowie aus fossilen Energieträgern. So ist es abhängig von den lokalen Randbedingungen durchaus möglich, dass die Wärmeabnehmer über eine gewisse Verhandlungsmacht verfügen.

Aufgrund des Nawaro-Bonus des EEG werden reine Industrieanlagen und Nawaro-Anlagen immer stärker voneinander getrennt, womit eine „**Kanalisation**“ der **Entsorgungswege** einhergeht. Die Verwendung von Gülle und Nawaro wurde durch das EEG aufgewertet, so dass lokale Märkte für diese Produkte entstanden. Es ist davon auszugehen, dass die Anbaufläche von Nawaro zur Biogasnutzung auch künftig weiter steigen und der entsprechend Markt wachsen wird. Es ist aber noch zu früh, um abgesicherte Aussagen zu machen. Für die **Lieferanten** ist es von Vorteil, dass die Nawaro nicht mehr verzehrfähig sein müssen. Entscheidend ist der Biomassertrag je Hektar Ackerland bzw. der Preis je Biomasse. Die Nawaro werden zunehmend ohne den Landhandel als Zwischenhändler direkt an die Biogasanlage verkauft werden.

Bisher gibt es eine Vielzahl von Unternehmen, die Biogasanlagen für den landwirtschaftlichen Bereich anbieten – bei einer bis Mitte 2004 eher verhaltenen Nachfrage. Nach Novellierung des EEG stieg jedoch die Nachfrage merklich an.

Am **Brennstoffmarkt** besteht infolge der im EEG festgelegten gesetzlichen bzw. energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen eine geringe Gefahr für die **Substitution** von Nawaro als Biogassubstrat einerseits und für die Substitution von Biogas durch andere Brennstoffe (z. B. Erdgas) andererseits. Darüber hinaus gibt es für Stoffe, die außerhalb der Landwirtschaft entstehen, kaum einen Markt und kaum ein Potenzial. Für die verfügbaren Nawaro-Anbauflächen bestehen künftig konkurrierende Nutzungsansprüche für andere Nawaro-Nutzungen.

Der **Strom- und Wärmemarkt** ist weniger durch **Substitutionsprodukte** gefährdet, als vielmehr dadurch, dass sich nachwachsende Roh-

stoffe gegen klassische und im Regelfall nach wie vor kostengünstigere Energieträger durchsetzen müssen. Gegenwärtig ist nur die Substitution von fossilen Energieträgern zur Stromerzeugung von Bedeutung; aber auch dies ist aufgrund der gesetzlichen bzw. energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen (EEG) derzeit nicht relevant. Aufgrund der Größe des Strommarktes könnte Biogas perspektivisch sein gesamtes Potenzial zur Substitution von fossilen Energieträgern nutzen. Obwohl thermische Energie am Standort der Biogasanlagen selten ausreichend nutzbar ist, besteht grundsätzlich eine Konkurrenzsituation zur Wärmebereitstellung aus anderen regenerativen Energien bzw. zur Wärmeerzeugung aus fossilen Energieträgern.

Nachfolgend werden exemplarisch einige der vielen **rechtlichen Rahmenbedingungen** genannt, welche die Biogasproduktion (mit-)bestimmen:

- Baurechtliche Genehmigung (Bauordnung, Feuerungsanlagenverordnung),
- Immissionsschutzrechtliche Anforderung (BImSchG),
- Hygienevorschriften (EG-HygieneV),
- Bioabfall-Verordnung (BioAbfV),
- Düngemittel-Verordnung,
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG),
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) mit Biomasse-Verordnung (BiomasseV),
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG),
- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG),
- EU-Rahmen: Weißbuch für erneuerbare Energieträger; Weißbuch Energiepolitik, Grünbuch Energieversorgungssicherheit, Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, Richtlinie zur KWK-Förderung, Richtlinie zur Restrukturierung der gemeinschaftlichen Rahmenvorschriften zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischen Strom, Koordinierter europäischer Biomasse-Aktionsplan, Richtlinie über den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten,
- Kyoto-Protokoll, WTO-Vereinbarung.

Aus rechtlich-administrativer Sicht ist der Einsatz von Biogas in BHKW zwar weitgehend problemlos möglich. Doch die umfangreiche und wenig aufeinander abgestimmte Gesetzgebung zur Genehmigung von Biogasanlagen ist bei der Neuerrichtung einer Anlage hinderlich.

| Stärken   | Schwächen  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablierte Technologie</li> <li>• Lokale Strom- und Wärmeproduktion</li> <li>• Gesicherte Erlöse der Stromproduktion durch das EEG</li> <li>• Zunehmende Standortabhängigkeit der Biogasanlagen durch Nawaro-Einsatz aufgrund geringerer Gülleabhängigkeit</li> <li>• Erhöhte Leistungsdichte der Biogasanlagen (Begrenzte Erhöhung der Raumbelastung des Reaktors durch Nawaro)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Stromproduktion mittels Biogasanlagen ist im Verhältnis zu konventionellen Kraftwerken teuer und bedarf auch weiterhin der Unterstützung durch das EEG</li> <li>• Beschränkung des Biomassetransport auf ca. 20–25 km aufgrund der Transportkosten</li> <li>• Komplexe gesetzliche Rahmenbedingungen. Abhängigkeit von politischen Entscheidungen</li> <li>• Standorte von Biogasanlagen sind oft nur durch eine sehr eingeschränkte Wärmenachfrage gekennzeichnet</li> </ul> |
| Chancen   | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiepotenzial: ca. 30 PJ/a elektrische Energieerzeugung ist durch Biogasproduktion mittels Nawaro technisch möglich</li> <li>• Regionale Wertschöpfung und Schaffung von Perspektiven für ländliche Räume</li> <li>• Potenzial zu landwirtschaftlichen Ertragssteigerungen, da die Nawaro nicht mehr verzehrfähig (Lebensmittelqualität) sein müssen.</li> <li>• Zunehmende Technologie-Entwicklung und Verlässlichkeit besonders durch Nawaro-Anlagen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwindende Akzeptanz in der Bevölkerung bei Groß-Biogas-Anlagen und den dann in der Regel benötigten Monokulturen</li> <li>• Geringe Erfahrungen bei zunehmendem Einsatz von Nawaro in Biogasanlagen; hierzu besteht ein großer Forschungsbedarf</li> <li>• Preise für Anlagen und Substrate (aus Nawaro) sind noch sehr im Fluss</li> <li>• Änderung bei den Förderbedingungen (EEG)</li> </ul>   |

Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Markt für Biogas zur Stromerzeugung

## 4 Relevante internationale Erfahrungen

**Dänemark** ist – neben Deutschland – bezüglich des Anteils der Stromerzeugung aus Biogas weltweit führend. Die Entwicklung der Biogasnutzung wurde und wird in Dänemark mit einem Instrumentenmix aus Investitionsförderung (bis zu 30 %), Einspeisevergütung (z. Zt. 4 ct/kWh) und Quotenregelung gefördert. Dänemark hat als erstes EU-Land 1992 eine CO<sub>2</sub>-Steuer eingeführt. Ein wesentlicher Teil der Reduzierungsverpflichtungen soll durch so genannte „weiche Mechanismen“, wie Quotenaufkauf oder Anrechnung der Minderungswirkungen von Projekten in Entwicklungsländern und in Osteuropa, abgedeckt werden.

Biogas wird auch in **asiatischen Ländern**, insbesondere in China und Indien, produziert. Das Biogas wird dort meist in Kleinstanlagen (1/2 m<sup>3</sup> Biogas/Tag) erzeugt und in Form von thermischer Energie zum Kochen genutzt, da unter den dortigen Bedingungen meist keine wettbewerbsfähige Stromerzeugung möglich ist.

In den übrigen Teilen der Welt nimmt die Strom- und Wärmeproduktion über Biogasanlagen aus landwirtschaftlichen Substraten infolge einer im Regelfall mangelnden Wirtschaftlichkeit nur eine sehr untergeordnete Rolle ein. Dies könnte sich dann ändern, wenn die Biogastechnologie zur Entsorgung organischer Abfälle eine größere Bedeutung erlangen würde; erste diesbezügliche Tendenzen sind bereits erkennbar.

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- IER/Prognos 2004: Analyse der Wirksamkeit von CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung (Entwurf). Basel/Stuttgart 2004
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, eigene Recherchen
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Leipzig, 2004
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Leipzig Dezember 2003
- Schattauer, A./Wilfert, R., Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Biogasgewinnung aus Gülle, organischen Abfällen und aus angebauter Biomasse – Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse. Leipzig Dezember 2003.
- Schneider, S.: Potenziale regenerativer Energien in Deutschland; in: Hartmann, H./Kalt-schmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger – Eine technische,

- ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen Erneuerbaren Energien. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 3, Landwirtschaftsverlag, Münster 2002
- Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch 2004 für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden September 2004
- Thrän, D. et. Alumni: Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2004



## D Stroh

### 1 Zusammenfassung

Stroh ist durch ein **großes energetisch nutzbares Potenzial** gekennzeichnet. Ballenstroh wird zu Preisen zwischen 35 und 45 €/t angeboten, wobei je nach Witterungsbedingungen und regionalen Besonderheiten auch größere Preisschwankungen möglich sind. Jedoch ist ein einheitlicher Markt für Stroh mangels Nachfrage bisher nicht vorhanden; teilweise existieren aber regionale Märkte insbesondere für eine stoffliche Nutzung (z. B. für Pferdepensionen, Großgärtnereien). Dabei stellt die Strohballenbereitstellung eine in der Landwirtschaft **etablierte Technik** dar.

Bisher wird Stroh zur **Stromerzeugung** nicht eingesetzt. Das energetisch nutzbare Strohpotenzial, das bei ca. 30 % des gesamten Strohaufkommens liegt, beträgt ca. 16 Mio. t/a. Dies entspricht ca. **230 PJ/a**. Der potenzielle **Marktwert** dieses energetisch nutzbaren Strohs hat ein Volumen von **560 bis 720 Mio. € p. a.** Der aus dem vorhandenen und energetisch nutzbaren Strohpotenzial **produzierbare Strom** könnte im Falle der alleinigen Verbrennung etwa **16 TWh/a** bei einem Anlagenwirkungsgrad von 25 % betragen und ca. 2,5 % des deutschen Stromverbrauchs abdecken. Im Falle der Zufeuering könnten ca. **26 TWh/a** bei einem Anlagenwirkungsgrad im Großkraftwerksbereich von 42 % erreicht werden; dies sind ca. 4 % des deutschen Stromverbrauchs.

Ballenstroh ist ein Nebenprodukt der landwirtschaftlichen Getreideproduktion. Aufgrund mangelnder Nachfrage nach Stroh zur energetischen Nutzung überwiegt bisher die **stoffliche Nutzung**.

Ein Marktwachstum für den Stroheinsatz in der Energiewirtschaft erfordert **intensive F&E-Aktivitäten** im Bereich der Feuerungsanlagen-technik im kleinen und großen Leistungsbereich. Ggf. ist eine Vergabe von **zinsgünstigen Krediten** an potenzielle (H)KW-Betreiber zur Umsetzung erster Projekte notwendig. Parallel dazu ist zu prüfen, inwieweit durch alternative Technologien zur Strom- und Wärmeerzeugung (z. B. Vergasung) die noch vorhandenen technischen Probleme einfacher überwunden werden können. Unter den gegebenen Rahmenbedingungen (Technologieprobleme) ist jedoch nicht zu erwarten, dass sich ein **nennenswertes Marktwachstum** einstellt.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Stroh zur Stromerzeugung   |
|---|--|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus ökonomischen und technischen Gründen existiert nur eine geringe Anlagenanzahl zur Strohnutzung. Der Markt für Stroh ist daher mangels Nachfrage in Deutschland nicht etabliert</li> </ul>   |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter den gegebenen Rahmenbedingungen wird sich kein nennenswertes Marktwachstum einstellen</li> </ul>  |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Volumen des potenziellen Brennstoffmarktes hat seitens der Bereitstellungsseite ein Volumen von 560–720 Mio. € p. a. Aufgrund der technischen Nutzungsprobleme keine Marktrealisierung</li> </ul>   |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzungsrestriktionen sind nicht allein ökonomischer Natur, sondern liegen auch in den technischen Herausforderungen (z. B. Feuerungstechnik, Emissionen) begründet</li> <li>• Aufgrund der Transportkosten existiert internationale Konkurrenz nur im Grenzbereich Deutschlands</li> </ul> |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Stromproduktion ist Holz als Brennstoff dem Stroh in den Belangen Handhabbarkeit, Emissionen und Anlagentechnik überlegen</li> <li>• Preissteigerung durch Anstieg der Nachfrage möglich, ggf. auch durch Strohnutzung bei der Ethanolherstellung</li> </ul>                            |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der mit der Strombereitstellung verbundenen Treibhausgasemissionen gegenüber der Nutzung fossiler Energieträger</li> <li>• Stroh als Nebenprodukt der Landwirtschaft steht in großen technisch nutzbaren Mengen bei vorhandener Logistik zur Verfügung</li> </ul>               |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Stroh zur Stromerzeugung

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

**Stroh** ist ein Nebenprodukt der landwirtschaftlichen Produktion, u. a. von Getreide, Ölsaaten und Körnermais, und fällt jedes Jahr in großen Mengen an. Bisher wird es z. T. zur Erhaltung des Humusgehaltes und zur Schließung der Stoffkreisläufe in den Boden eingearbeitet. Trotzdem sind je nach Boden- und Fruchtfolgebedingungen ca. 30 % des gesamten anfallenden Strohs grundsätzlich für eine energetische Nutzung verfügbar.

| Produkt(gruppe) | Wertschöpfungskette   |
|-----------------|---|
| Stroh           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rückstand der Getreideproduktion</b> frei Acker → Ballenpressen → Transport → Einsatz im Kraftwerk, Heizkraftwerk oder im Kraftwerk → Entsorgung der Asche</li> </ul> |

Abbildung: Wertschöpfungskette Stroh

Für die **Ballenbereitstellung** werden in der deutschen Landwirtschaft selbstfahrende oder gezogene Quaderballenpressen sowie gezogene Rundballenpressen eingesetzt. Der **Transport** kann mithilfe landwirtschaftlicher Fahrzeuge und/oder konventioneller Lkw realisiert werden. **Nutzungstechnologien** zur Stromerzeugung in Form von Kraft- und Heizkraftwerken bis zu rund 10 MW elektrischer Leistung sind grundsätzlich vorhanden, werden aber in Deutschland aus wirtschaftlichen Gründen bisher nicht eingesetzt. Problematisch ist der hohe Chloranteil, der die Korrosion fördert, und der überdurchschnittliche Alkaligehalt (v. a. Natrium und Kalium) im Stroh, der den Ascheschmelzpunkt reduziert und dadurch die Gefahr einer Verschlackung des Feuerraums besteht.

In Deutschland gibt es einige Biomasse-HKW, in denen aus genehmigungsrechtlicher Sicht zwar auch **Stroh verfeuert** werden dürfte; jedoch wird dies aus den oben genannten Gründen nicht realisiert. Als noch nicht marktreife innovative Technologie kommt ggf. zukünftig auch eine Verstromung von vergastem Stroh in Betracht. **F&E-Bedarf** besteht bei der Vorbehandlung des Strohs zur Verbesserung der Brennstoffeigenschaften sowie bei der Materialforschung für widerstandsfähigere Kesselauskleidungen.

Die Bereitstellung von Stroh als Rückstand der landwirtschaftlichen Produktion ist nur mit relativ **geringen Umweltwirkungen** verbunden. Durch die Ballenpressung und den Abtransport des Strohs können sich der Energieaufwand und die Emissionen der eingesetzten Landmaschinen erhöhen im Vergleich zu den Emissionen, die bei einem Unterpflügen des Strohs auftreten. Weiterhin steht der Nährstoffgehalt des Strohs bei einer Abfuhr nicht mehr dem Boden zur Verfügung und muss daher durch einen erhöhten Einsatz mineralischer Dünger ausgeglichen werden. Da die **Energiedichte** von Stroh im Vergleich zu fossilen Energieträgern geringer ist, muss je Energieeinheit mehr Volumen transportiert werden. Daher sind die durch den Transport verursachten Umweltbelastungen spezifisch höher als beim Transport von fossilen Energieträgern; da die Transportwege aber deutlich kürzer sind, errechnen sich absolut erheblich geringere Umwelteffekte. Das bei der Verbrennung von Stroh freigesetzte  $\text{CO}_2$  gilt als **klimaneutral**, da es beim Wachstum der Pflanze der Atmosphäre entzogen wurde, unter der Voraussetzung einer nachhaltigen Landwirtschaft. Allerdings kann die Verbrennung bei nicht angepasster Feuerungstechnik infolge der ungünstigen Brennstoffeigenschaften mit **vergleichsweise hohen Schadstoffemissionen** verbunden sein. Deshalb ist eine aufwändige Verbrennungstechnik und ggf. eine entsprechende Abgasreinigung erforderlich.

### **3 Analyse des Marktes**

Es existiert bislang kaum ein **Markt für Stroh** als Energieträger, der sich zudem aufgrund der relativ hohen Transportkosten in zahlreiche regionale Teilmärkte gliedert. Eine Vernetzung dieser Teilmärkte ist wegen der zu überbrückenden Transportdistanzen aufgrund ökonomischer Restriktionen (nicht wegen technischer Parameter) schwierig. Da das Strohangebot aus der Landwirtschaft grundsätzlich sehr hoch ist, wird der Markt bisher allein durch die (in der Regel sehr geringe) **Nachfrage** bestimmt. Dies kann sich dann schlagartig ändern, wenn eine Anlage zur energetischen Nutzung von Stroh gebaut wird und dann lokal die Nachfrage ankurbelt. Aufgrund der ökonomisch induzierten Transportrestriktionen kann sich der Markt dann in einen **Angebotsmarkt** wandeln. Für die **stoffliche Nutzung** von Stroh konnte sich wegen der im Allgemeinen höheren Produktpreise indes ein **überregionaler Markt** entwickeln.

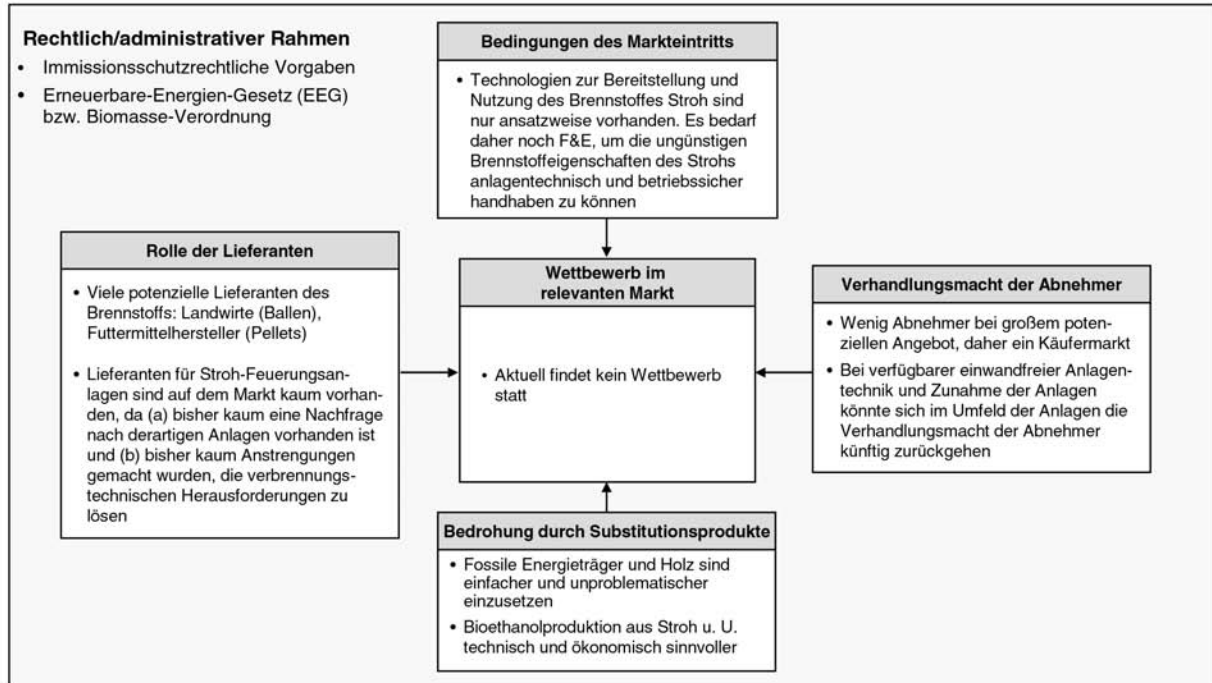


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Markt für Stroh zur Stromerzeugung

Das **technisch nutzbare Strohpotenzial**, ca. 30 % des gesamten Strohaufkommens, beträgt ca. 16 Mio. t/a und entspricht ca. 230 PJ/a; bei Bereitstellungskosten für Ballenstroh von 35 bis 55 €/t Rohmaterial sind zwischen 560 und 720 Mio. €/a. Der aus dem vorhandenen und energetisch nutzbaren Strohpotenzial produzierbare Strom beträgt etwa 16 TWh/a bei einem Anlagenwirkungsgrad von 25 %; dies entspricht ca. 2,6 % der deutschen Bruttostromerzeugung.

Unter den gegebenen Randbedingungen mit den bestehenden Technologieproblemen ist eine **Marktentwicklung** derzeit **nicht abschätzbar**.

Stroh ist als Nebenprodukt der Landwirtschaft nicht gezielt produzierbar, fällt aber in großen Mengen an, so dass ein **Strohangebot** prinzipiell vorhanden ist. Es besteht aber zurzeit **weder** eine **Nachfrage** nach Stroh zur Stromproduktion **noch** existieren im Energiebereich entsprechende **Händler**. Die Landhändler bzw. diejenigen Händler, die bisher den Handel von Stroh zur stofflichen Nutzung betreiben, könnten ggf. auch den Handel für den Energiebereich übernehmen. Der zukünftige Einsatz von Stroh als Brennstoff hängt davon ab, ob entsprechende Investitionen für Kraft-, Heizkraft- bzw. Heizwerke getätigt werden, die einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb ermöglichen. Dies hängt u. a. von der **Lösung folgender Probleme** ab:

- technische Beherrschbarkeit des Verbrennungsprozesses unter Sicherstellung einer langen technischen Lebensdauer insbesondere des Kessels und der Wärmeüberträger,
- sichere Einhaltung der Emissionsgrenzwerte ohne aufwändige Abgasreinigungsanlagen,
- kostengünstige Entsorgung der in erheblichen Mengen anfallenden Asche.

Die **Bedingungen des Markteintritts** werden durch die Kosten der Nutzungstechnologien, die Umweltproblematik sowie die EEG-Vergütung bestimmt.

- Technologien für Heizkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von bis zu 10 MW stehen mit dänischer Technik zur Verfügung und werden in Dänemark bereits angewendet. Die Kosten der Nutzungstechnologien belaufen sich auf 3.000 bis 4.000 €/kW<sub>el</sub>.
- Korrosives Abgas (v. a. HCl, NaCl, KCl) wirkt sich negativ auf die Lebensdauer der Verbrennungsanlagen aus. Außerdem fällt ca. zehnmal mehr Asche an als bei der Holzverbrennung.

- Die EEG-Vergütung, inkl. Nawaro-Bonus und KWK-Zuschlag, für Strom aus Stroh liegt bei (Inbetriebnahme 2005):

|             |   |
|-------------|---|
| 1 bis 5 MW  | 14,77 ct/kWh (Leistungsklassen unter 1 MW sind technisch nicht sinnvoll), |
| 5 bis 20 MW | 10,27 ct/kWh.   |

Durch diese Vergütung ist ein wirtschaftlicher Betrieb bei einem Strohpreis von maximal 45 €/t frei Kraftwerk und einer Kraft-Wärme-Kopplung (mit hohen Voll-Laststunden der Wärmenachfrage) an günstigen Standorten ggf. möglich.

Potenzielle **Abnehmer** großer Mengen an Stroh, z. B. Betreiber von Stroh-Kraftwerken oder Heizkraftwerken, haben eine vergleichsweise **große Verhandlungsmacht** gegenüber den Anbietern, d. h. den Landwirten, da diese im Allgemeinen zwar ein großes Interesse an einem Strohverkauf haben, aber bisher kein Markt mit einem signifikanten Marktvolumen vorhanden ist. Im Falle des Betriebs eines Stroh-Kraftwerks oder Heizkraftwerks ist die Deckung der Brennstoffnachfrage (bis zu 55.000 t/a) durch **langfristige Lieferverträge**, in denen auch die Lieferzeitpunkte im Jahresverlauf geregelt werden müssen, zwingend erforderlich. Durch den aus wirtschaftlichen Gründen derzeit **erforderlichen KWK-Betrieb** ist eine hohe Wärmenachfrage am Anlagenstandort notwendig. Die Verhandlungsmacht der Abnehmer hängt dann extrem von den jeweiligen Standortbedingungen ab.

Landwirte können als Erzeuger des Strohs auch gleichzeitig Lieferanten sein. Alternativ gibt es auch Lohnunternehmer, die als Händler und/oder Zwischenhändler in Erscheinung treten können. Die **Position der Lieferanten** im Markt wird sich erst dann festigen, wenn eine Anlage an einem bestimmten Standort gebaut wird und dadurch eine entsprechende (Mengen-)Nachfrage gegeben ist. Dies ist aber im Allgemeinen bei einer energetischen Nutzung aufgrund der aus wirtschaftlichen Gründen begrenzten Transportdistanz nur regional der Fall.

Stroh als Brennstoff ist technisch aufwändig zu handhaben. Je nach technischer Auslegung der Anlage und in Abhängigkeit vom Genehmigungsstatus (bei Großanlagen) ist Stroh ggf. durch **Holz hackschnitzel substituierbar**. Unter Umständen kann Stroh zukünftig, sobald die Verfahrenstechnik verfügbar ist, auch zur Bereitstellung von Ethanol oder von synthetischen Kraftstoffen (d. h. BTL) genutzt werden.

Die Strombereitstellung auf der Basis von Stroh ist nur durch das jetzige EEG (inkl. Nawaro- und KWK-Bonus) bei einem Strohpreis bis max. 45 €/t sowie unter sehr günstigen Randbedingungen an einem potenziellen Standort (d. h. Wärmenachfrage mit einer hohen Voll-Laststundenzahl im Jahresverlauf) wirtschaftlich. Im Einzelnen bestehen u. a. die folgenden Rahmenbedingungen:

- Baurechtliche Genehmigung: Bauordnung, Feuerungsanlagenverordnung,
- Immissionsschutzrechtliche Vorgaben,
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bzw. Biomasse-Verordnung, Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) bei KWK-Nutzung,
- Ascheentsorgung: Düngemittelverordnung,
- EU-Rahmen: Weißbuch für erneuerbare Energieträger; Weißbuch Energiepolitik, Grünbuch Energieversorgungssicherheit, koordinierter europäischer Biomasse-Aktionsplan, Richtlinie über den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten (u. a. Kyoto-Protokoll).



| Stärken  | Schwächen   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nutzung von landwirtschaftlichen Rückständen bzw. eines Nebenproduktes als Brennstoff, der in großen Mengen kostengünstig und ohne große Umweltbelastungen zur Verfügung steht</li> <li>▪ Strohbereitstellungsketten sind weitgehend verfügbar.</li> <li>▪ Bereitstellung umweltfreundlicher und klimaverträglicher Sekundär- bzw. Endenergieträger</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Strohnutzung nur als KWK durch EEG sowie Nawaro- und KWK-Bonus wirtschaftlich</li> <li>▪ Feuerung problematisch (d. h. ungünstiges Verbrennungsverhalten, korrosives Abgas, hoher Ascheanteil, aufwändige Anlagentechnik)</li> <li>▪ Stroh kann u. U. sinnvoller als Rohstoff für die Ethanol- oder BTL-Produktion eingesetzt werden.</li> <li>▪ Transport über weitere Distanzen wirtschaftlich problematisch</li> <li>▪ Bisher verfügbare Anlagentechnik hat noch technische Defizite</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Großes ungenutztes Energieträgerpotenzial</li> <li>▪ Verbreiterung der wirtschaftlichen Basis landwirtschaftlicher Betriebe</li> <li>▪ Lösung der Brennstoff/Abgasproblematik durch weiterführende und vertiefende F&amp;E bei Brennstoffbereitstellung und Anlagentechnik</li> <li>▪ Entwicklung einer für den Export geeigneten Technologie bei großen weltweiten Märkten (d. h. Landtechnik, Feuerungsanlagentechnik)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zur Stromproduktion ist Holz als Brennstoff dem Stroh in den Belangen Handhabbarkeit, Emissionen und Anlagentechnik überlegen</li> <li>▪ Preissteigerung durch Anstieg der Nachfrage</li> </ul>  |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Stroh zur Stromerzeugung

## 4 Relevante internationale Erfahrungen

In **Dänemark** werden zurzeit pro Jahr ca. 400.000 t Stroh für energetische Zwecke genutzt. Dies konnte durch die vier Energiepläne der dänischen Regierung erreicht werden, durch die der Einsatz erneuerbarer Energien zur Energieversorgung bis zum Jahr 2030 auf 35 % gesteigert werden soll. Seit 1986 wurden sieben Heizkraftwerke mit insgesamt ca. 60 MW<sub>el</sub> errichtet. Allerdings bereiten die Brennstoffeigenschaften des Strohs auch hier Schwierigkeiten. Weiterhin existieren in mehreren Hausmüll-, Erdgas- und Kohleheizkraftwerken eigene Strohkessel. Der Anteil der auf den Strohkessel zurückzuführenden Endenergieerzeugung beträgt in diesen Heizkraftwerken bis zu zwei Drittel der gesamten Strom- und Wärmeerzeugung. Dieser Nutzungspfad ist Stand der Technik, kommt aber in Deutschland infolge der hier gegebenen gesetzlich-administrativen Vorgaben nicht in Frage.

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit: Energie Daten 2003. Berlin 2003  
 Center für Biomasse-Technologie: Stroh als Energieträger. Technik-Umwelt-Ökonomie. 2. Auflage 1998, [www.videncenter.dk](http://www.videncenter.dk)  
 Hartmann, H.: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Gülzow 2003  
 Hartmann, H./Kaltschmitt, M.: Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 3, 2. Auflage, Landwirtschaftsverlag Münster 2002  
 Hering, T.: Aufbereitung und Verbrennung von Stroh – Technik und Wirtschaftlichkeit. In: Die Landwirtschaft als Energieerzeuger, KTBL-Tagungsband, Darmstadt 2004  
 IER/Prognos AG: Analyse der Wirksamkeit von CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung. Basel/Stuttgart 2004  
 Pfaffenberger, W./Hille, M.: Investitionen im liberalisierten Energiemarkt: Optionen, Marktmechanismen, Randbedingungen. bremer energie insitut, Bremen 2004  
 Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch. Wiesbaden 2003  
 Weidele, T.: Machbarkeitsstudie Strohkraftwerk Bockelwitz. Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig 2004



# Thermische Energie

Martin Kalies

Nikolas Rommeiß

Sven Schneider

Janet Witt \*

---

\* Dipl.-Ing. Marin Kalies, Dipl.-Ing. Nikolas Rommeiß,  
Dipl.-Ing. Sven Schneider und MSc Dipl.-Ing. Janet Witt;  
IE Leipzig – Institut für Energetik und Umwelt gGmbH,  
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig, [www.ie-leipzig.de](http://www.ie-leipzig.de)



---

# Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| <b>Thermische Energie .....</b>                           | <b>67</b>  |
| <b>Abbildungen.....</b>                                   | <b>71</b>  |
| <b>Zusammenfassung Gesamtmarkt.....</b>                   | <b>75</b>  |
| <b>A Stroh und andere landwirtschaftliche Rückstände,</b> |            |
| <b>Nebenprodukte und Abfälle .....</b>                    | <b>79</b>  |
| 1 Zusammenfassung.....                                    | 79         |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....                  | 83         |
| 3 Analyse des Strohmarktes .....                          | 84         |
| 4 Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen .....    | 88         |
| 5 SWOT-Analyse .....                                      | 89         |
| 6 Relevante internationale Erfahrungen .....              | 91         |
| 7 Exkurs Getreidemarkt .....                              | 91         |
| 8 Quellenverzeichnis.....                                 | 92         |
| <b>B Holzpellets.....</b>                                 | <b>94</b>  |
| 1 Zusammenfassung.....                                    | 94         |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....                  | 97         |
| 3 Analyse des Marktes.....                                | 100        |
| 4 Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen .....    | 107        |
| 5 SWOT-Analyse .....                                      | 109        |
| 6 Relevante internationale Erfahrungen .....              | 111        |
| 7 Quellenverzeichnis.....                                 | 112        |
| <b>C Hackgut aus Waldholz .....</b>                       | <b>113</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                                    | 113        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....                  | 115        |
| 3 Analyse des Marktes.....                                | 118        |
| 4 Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen .....    | 122        |
| 5 SWOT-Analyse .....                                      | 125        |
| 6 Relevante internationale Erfahrungen .....              | 127        |
| 7 Quellenverzeichnis.....                                 | 127        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>D</b> | <b>Stückholz aus Waldholz .....</b>                  | <b>129</b> |
| 1        | Zusammenfassung.....                                 | 129        |
| 2        | Produkte und Wertschöpfungsketten.....               | 132        |
| 3        | Analyse des Marktes.....                             | 134        |
| 4        | Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen ..... | 137        |
| 5        | SWOT-Analyse .....                                   | 139        |
| 6        | Relevante internationale Erfahrungen .....           | 141        |
| 7        | Quellenverzeichnis .....                             | 141        |
| <b>E</b> | <b>Holzindustriebrennstoffe.....</b>                 | <b>143</b> |
| 1        | Zusammenfassung.....                                 | 143        |
| 2        | Produkte und Wertschöpfungsketten.....               | 145        |
| 3        | Analyse des Marktes.....                             | 147        |
| 4        | Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen ..... | 152        |
| 5        | SWOT-Analyse .....                                   | 153        |
| 6        | Relevante internationale Erfahrungen .....           | 153        |
| 7        | Quellenverzeichnis .....                             | 155        |

## Abbildungen

|  |     |
|--|-----|
| Nutzung von Nawaro für die Wärmeerzeugung.....   | 76  |
| Marktindikatoren im Bereich thermische Energie .....   | 77  |
| Übersicht über den Markt für thermische Energie .....  | 78  |
| Marktindikatoren im Bereich Wärmeerzeugung aus Stroh.....  | 81  |
| Übersicht über den Markt für Stroh zur Wärmeerzeugung<br>(Stand: Ende 2004).....   | 82  |
| Wertschöpfungsketten Stroh.....  | 83  |
| Wettbewerbsdynamik im Stroh-Markt.....   | 87  |
| Brennstoffe und Wärmebereitstellungskosten von Stroh im<br>Vergleich zu anderen Energieträgern (Stand: Mitte 2005) .....                           | 88  |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Stroh<br>zur Wärmeerzeugung.....   | 90  |
| Nutzung von Sägenebenprodukten in Deutschland .....  | 94  |
| Marktindikatoren im Bereich Wärmeerzeugung aus Holzpellets.....  | 95  |
| Übersicht über den Markt für Holzpellets zur Wärmeerzeugung .....  | 96  |
| Wertschöpfungsketten Holzpellets .....   | 97  |
| Biomassepotenzial für Holzpellets in Deutschland .....   | 98  |
| Kumulierter Bestand an Pelletzentralheizungen in Deutschland<br>gemäß der Auswertung des Marktanreizprogramms<br>(Angaben für 2004 per 1.12.)..... | 101 |
| Produktionskapazitäten für Holzpellets in Detuschland.....   | 102 |
| Vergleich von Pelletabsatz aus deutscher Produktion und<br>inländischem Pelletbedarf .....   | 103 |
| Prognose für den Pelletabsatz aus deutscher Produktion bis 2010 .....  | 104 |
| Prognose für den Pelletabsatz aus deutscher Produktion bis 2020 .....  | 104 |
| Wettbewerbsdynamik im Holzpelletmarkt .....  | 106 |
| Vergleich von Brennstoffkosten zwischen 1998 und 2004 .....  | 108 |



|  |     |
|--|-----|
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Holzpellettheizungsanlagen .....                      | 110 |
| Marktindikatoren im Bereich Wärmeerzeugung mit Hackgut .....   | 114 |
| Wertschöpfungskette Hackgut aus Waldholz .....   | 115 |
| Hackertechnologie .....  | 116 |
| Emissionen von Hackschnitzeln im Vergleich mit anderen<br>Brennstoffen .....                                 | 117 |
| Wettbewerbsdynamik im Hackgut-Markt .....  | 121 |
| Unterschubfeuerung als Beispiel für eine Hackgutfeuerung .....   | 122 |
| Brennstoffpreise für Hackgut im Vergleich zu Stückholz,<br>Holzpellets und Heizöl .....                      | 123 |
| Investitionskostenförderung (BAFA) für Hackgut-Feuerungsanlagen.....   | 124 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken<br>von Hackgut zur Wärmeerzeugung (Stand: Mitte 2005) .....  | 126 |
| Marktindikatoren im Bereich Wärmeerzeugung mit Stückholz.....  | 131 |
| Wertschöpfungskette Stückholz .....  | 132 |
| Emissionen von Scheitholz im Vergleich mit anderen Brennstoffen ....   | 133 |
| Wettbewerbsdynamik im Stückholzmarkt .....   | 136 |
| Beispiel für einen Stückholzkessel mit Sturzbrandfeuerung.....   | 137 |
| Brennstoffpreise für Stückholz im Vergleich zu Hackgut,<br>Holzpellets und Heizöl .....                      | 138 |
| Investitionskostenförderung (BAFA) für Stückholz-<br>Zentralheizungen (Stand: Mitte 2005).....               | 139 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken bei der<br>energetischen Nutzung von Stückholz .....         | 140 |
| Marktindikatoren im Bereich Holzindustriebrennstoffe .....   | 144 |
| Wertschöpfungsketten Industriebrennstoffe .....  | 145 |
| Aufbereitung von Industriebrennstoffen sowie Feuerungen<br>für die Verwertung von Industriebrennstoffen..... | 146 |

|   |     |
|---|-----|
| Holzindustriebrennstoffe können neben der Wärmeerzeugung auch zur Strom- und Kraftstoffproduktion eingesetzt werden. .... | 147 |
| Übersicht Holzindustriebrennstoffe im Jahr 2002.....  | 148 |
| Marktsituation für Holzindustriebrennstoffe 2010 und 2020.....  | 150 |
| Wettbewerbsdynamik im Markt für Holzindustriebrennstoffe.....   | 151 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für Holzindustriebrennstoffe.....   | 154 |



## Zusammenfassung Gesamtmarkt

Die Erzeugung von **Warmwasser sowie Raum- und Prozesswärme** in Deutschland basiert heute noch **weit gehend** auf der **Nutzung fossiler Brennstoffe**, für die im Jahr 2004 Kosten von etwa 38 Mrd. € entstanden (ohne Kosten für Strom und Fernwärme). Trotz einer rückläufigen Wärmenachfrage und dem damit verbundenen sinkenden Brennstoffbedarf ist aufgrund steigender Preise bis 2010 mit höheren realen Kosten in Höhe von mindestens 41 Mrd. € für die Brennstoffversorgung zu rechnen.

Gegenwärtig (Stand: Ende 2004) werden etwa **12,3 Mio. t nachwachsende Rohstoffe** (Nawaro) wie u. a. Waldhackschnitzel, Stückholz, Holzpellets oder industrielle Holzbrennstoffe für die Wärmeerzeugung eingesetzt.<sup>1</sup> Zusätzlich tragen etwa 6 Mio. t Altholz in Biomasse-(heiz)kraftwerken zur Strom- bzw. gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung (KWK) bei. Aufgrund der vorwiegenden Nutzung von Rückständen aus der holzverarbeitenden Industrie werden nur etwa 2 Mio. t Nawaro (d. h. Waldholz) direkt für die Wärmeerzeugung eingeschlagen. Die Nutzung von Biogas und biogenen Flüssigbrennstoffen zur Wärmebereitstellung hat in Deutschland demgegenüber bisher noch keine große Bedeutung.

Aufgrund der hohen Transportkosten erfolgt die Deckung der Nawaro-Nachfrage zur Wärmebedarfsdeckung **nahezu vollständig durch die regionale Forstwirtschaft**. Eine wachsende Bereitstellung von Nawaro aus kostengünstigen Produktionen Osteuropas ist aber vor allem in Grenzregionen nicht auszuschließen. Die Nutzung von Waldholz erfolgt gegenwärtig in erster Linie indirekt über die Verwertung von Holzrückständen, -abfällen und -nebenprodukten aus der holzverarbeitenden Industrie. Damit die direkte Waldholznutzung mit dieser kostengünstigen Beschaffung konkurrieren kann, ist eine systematische Erschließung der Waldrest- und Schwachholzpoteztiale erforderlich.

Bei gleichen politischen Rahmenbedingungen und einem Energiepreinsniveau wie zum Jahresende 2004 bzw. gemäß den Entwicklungsan-

---

1 Für die Zusammensetzung der Nawaro-Menge vgl. die nachfolgenden Angaben bei den Teilmärkten.

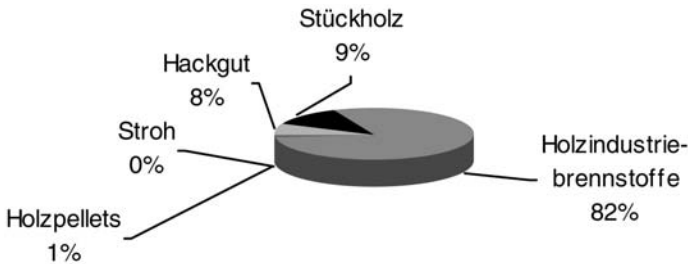


Abbildung: Nutzung von Navarra für die Wärmeerzeugung

nahmen im Energiereport IV von EWI/Prognos wächst der **Markt für Navarra zur Wärmeerzeugung** aufgrund der weit gehend stagnierenden Märkte bei den klassischen Produkten (Hackgut, Stückholz, Industrieholz-Brennstoffe) bis 2010 nur um **jährlich 0,2 % auf etwa 12,4 Mio. t**. Ein deutliches Marktwachstum von 0,1 auf 0,3 Mio. t bis zum Jahr 2010 und auf 0,7 Mio. t bis zum Jahr 2020 wird demgegenüber bei Holzpellets erwartet, sofern die Beschaffung und der Transport von Rohmaterial optimiert und zielgerichtet organisiert werden kann. Die Stroh- und Getreidenutzung wird erst den Nischenmarkt verlassen können, wenn die noch gegebenen technischen und umweltrelevanten Probleme der Feuerungsanlagen gelöst sind.

Aufgrund des hohen Ölpreises von zurzeit etwa 60 US \$/Barrel stellt sich die aktuelle Marktsituation für die Holznutzung (Anfang 2006) zum Teil deutlich günstiger dar als zuvor erläutert und in allen Teilmärkten ist ein starkes Nachfragewachstum zu beobachten. Unter Berücksichtigung der Vollkosten und ohne Subventionen ist die Holznutzung im Wärmemarkt in Abhängigkeit vom Heizsystem und Holzbrennstoff bei einem Rohölpreis von etwa 30 bis 50 US \$/Barrel betriebswirtschaftlich wettbewerbsfähig. Sollte der Rohölpreis und damit die Brennstoffkosten fossiler Energiesysteme auf diesem Niveau längerfristig verbleiben, wird ein weiterer Wachstumsschub für alle Teilmärkte zu erwarten sein und die hier für den Gesamt- und die Teilmärkte dargestellten Entwicklungen übertreffen.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Nawaro zur Wärmeerzeugung   |
|---|---|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenwärtig werden etwa 12,3 Mio. t Nawaro zur Wärmeerzeugung genutzt</li> <li>• Der Marktwert dieser Nawaro beträgt fast 500 Mio. €</li> </ul>  |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei gleichbleibenden politischen Rahmenbedingungen ist bis 2010 kaum noch ein Wachstum (0,2 % p. a.) zu erwarten. Hiermit verbunden ist ein Marktwert von annähernd gleichbleibenden 500 Mio. € bei 12,4 Mio. t Nawaro.</li> <li>• Für 2020 wird das geringe Wachstum nur durch den Holzpelletmarkt geprägt sein (Gesamtmarkt 12,8 Mio. t)</li> <li>• Bei einem Rohölpreis von &gt;40 US\$/Barrel ist mit einem deutlichen Marktwachstum zu rechnen</li> </ul> |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Nawaro-Bereitstellung wird gegenwärtig und künftig weitgehend aus deutscher Produktion erfolgen</li> <li>• Mit der Nawaro-Produktion (ohne Industrierestholz) sind heute Einkommenseffekte von etwa 103 Mio. € verbunden. Diese lassen sich vor allem durch Holzpellets auf fast 120 Mio. € bis 2010 steigern</li> </ul>   |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die hohen Transportkosten für Nawaro stellen eine günstige Wettbewerbsposition für die deutsche Land- und Forstwirtschaft dar</li> <li>• Künftig ist aber vor allem in Grenzregionen mit zunehmendem Konkurrenzdruck aus dem osteuropäischen Ausland zu rechnen. Vor allem für Holzpellets nimmt die internationale Konkurrenz zu</li> </ul>   |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzfristige Modifizierung oder Wegfall von Investitionshilfen beim Anlagenbau</li> <li>• Massen-Import preisgünstiger Holzpellets</li> <li>• Eingeschränkte Akzeptanz durch hohen Bedienungsaufwand</li> </ul>  |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber fossilen Energieträgern</li> <li>• Geringe Umweltwirkungen bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung</li> <li>• Erhöhung der Versorgungssicherheit für die Wärmeversorgung auf Basis heimischer Energierohstoffe</li> </ul>   |

|               | Stroh   | Holzpellets aus Waldholz   | Hackgut aus Waldholz  | Stückholz aus Waldholz  | Industrieholz-brennstoffe   |
|---------------|---|--|---|---|---|
| Marktgröße    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• derzeit ist kein Markt vorhanden</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• derzeit nur geringer Marktanteil</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 34–72 Mio. € p. a.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 88–113 Mio. € p. a.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 300 Mio. € p. a.</li> </ul>  |
| Marktwachstum | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kein Wachstum ohne Technikentwicklung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 29 Mio. € p. a.</li> <li>• 2020: 101 Mio. € p. a.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• stagnierender Markt bei günstigen fossilen Brennstoffpreisen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• stagnierender Markt bei günstigen fossilen Brennstoffpreisen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• stagnierender Markt</li> </ul>   |
| Treiber       | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung preisgünstiger Produktionsrückstände</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Naturproduktimage</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Weltenergiemarkt</li> <li>- Emissionen: Einhalten der Grenzwerte</li> <li>- Korrosives Abgas, kurze Anlagenlebensdauer</li> <li>- Aufwändige Anlagentechnik</li> <li>- Hohe Anlagenkosten</li> <li>- Ascheentsorgung</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> <li>- Unzureichende Anlagentechnologie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Naturprodukt</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Weltenergiemarkt</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>- Höhere Kosten bei der Nutzung von Waldholz</li> <li>- Logistikketten müssen noch entwickelt werden</li> <li>- Förderbedarf für Anlageninvestitionen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung.</li> <li>+ Relativ gute Verfügbarkeit</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>+ Technik ist problemlos vorhanden</li> <li>+ Dauerhafte und kalkulierbare Brennstoffkosten</li> <li>+ Versorgungskonzepte sind vorhanden</li> <li>- Überwinden von nicht-technischen Hemmnissen</li> <li>- Z. T. geringe Händlerdichte</li> <li>- Eingeschränkte Benutzerfreundlichkeit der Anlagentechnik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Relativ gute Verfügbarkeit</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>+ Information zur Etablierung neuer Holzkessel</li> <li>+ Technologieentwicklung im kleinen Leistungsbereich</li> <li>- Entwicklung der Brennstoffversorgung</li> <li>- Erhöhung der Planungssicherheit</li> <li>- Überwinden von Hemmnissen auf kommunaler Ebene</li> <li>- Förderabhängigkeit bei betriebswirt. Sichtweise</li> <li>- Eingeschränkte Benutzerfreundlichkeit der Anlagentechnik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung preisgünstiger Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Weltenergiemarkt</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>- Hohe Anlagenkosten</li> <li>- Teilweise Förderabhängigkeit</li> <li>- Eingeschränkte Benutzerfreundlichkeit der Anlagentechnik</li> </ul> |

Abbildung: Übersicht über den Markt für thermische Energie

# A Stroh und andere landwirtschaftliche Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle

## 1 Zusammenfassung

Stroh ist ein Nebenprodukt der landwirtschaftlichen Getreideproduktion und bietet gegenüber anderen festen landwirtschaftlichen Rückständen und Nebenprodukten bzw. ggf. auch Abfällen (z. B. nicht verwertbares Getreide) ein **großes energetisch nutzbares Potenzial**. Aufgrund mangelnder Nachfrage nach Stroh zur energetischen Nutzung überwiegt derzeit jedoch die **stoffliche Nutzung**. Durch die Bereitstellung von Stroh zur energetischen Nutzung ließen sich die landwirtschaftlichen Betriebe auf eine **breitere wirtschaftliche Basis** stellen und die **regionale Wertschöpfung** könnte erhöht werden.

Auf Grund der unzureichenden Nachfrage sowie technischer Probleme bei der Verbrennung von Stroh konnte sich bisher kein Markt etablieren. Aussichtsreich ist aus gegenwärtiger Sicht vor allem eine **Nischennutzung** in der Landwirtschaft und im landwirtschaftlichen Umfeld. Aufgrund der einfacheren Handhabbarkeit und der besseren Brennstoffeigenschaften stellen Holzhackschnitzel unter den biogenen Energieträgern derzeit die größte **Konkurrenz** für Stroh dar.

Das technisch nutzbare Strohpotenzial (ca. 30 % des gesamten Strohaufkommens) beträgt ca. 16 Mio. t/a bzw. etwa. **230 PJ/a in Deutschland**. Die Bereitstellung dieses Strohvolumens entspricht einem potenziellen Brennstoff-**Marktwert** von **560 bis 720 Mio. € p. a.**

Die Strohballenbereitstellung ist eine in der Landwirtschaft **etablierte Technik**. Die **Bereitstellungskosten** für Ballenstroh liegen zwischen 35 und 45 €/t. Je nach Witterungsbedingungen und regionalen Besonderheiten sind auch größere Preisschwankungen möglich. Für etwa 120 bis 140 €/t können auch Strohpellets zum Einsatz in Pelletfeuerungsanlagen bereitgestellt werden.

Auf Grund der geringen Nachfrage/Produktionsmengen sind die Investitionskosten für einen Strohkessel derzeit noch sehr hoch. Durch Investitionskostenzuschüsse könnten die individuellen Wärmebereitstel-



lungskosten gesenkt werden und eine Serienproduktion von Kesseln, Filtern etc. angeregt werden.

Die weit verbreitete Strohnutzung zur Wärmeerzeugung in Anlagen, welche die deutschen Umweltstandards sicher einhalten können, erfordert eine **hohe F&E-Tätigkeit** v. a. im Bereich der Feuerungs- und Anlagentechnik, da unter den gegebenen Rahmenbedingungen (u. a. Technologieprobleme, ökonomisch unattraktives Umfeld) sich **kein nennenswertes Marktwachstum** einstellen wird.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Stroh  |
|---|--|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aus ökonomischen und technischen Gründen existiert nur eine geringe Anzahl von Anlagen zur Strohnutzung. Der Markt für Stroh ist daher mangels Nachfrage nicht in Deutschland etabliert</li> </ul>  |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter den gegebenen Rahmenbedingungen wird sich kein nennenswertes Marktwachstum einstellen</li> </ul>  |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Volumen des potenziellen Brennstoffmarktes hat seitens der Bereitstellungsseite ein Volumen von 560–720 Mio. € p. a. Aufgrund der technischen Nutzungsprobleme bleibt dieses Potenzial zurzeit ungenutzt</li> </ul>   |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzungsrestriktionen sind einerseits ökonomischer Natur und liegen andererseits auch in technischen Schwierigkeiten (z. B. Feuerungstechnik, Emissionen) begründet</li> <li>• Aufgrund der Transportkosten existiert internationale Konkurrenz nur im Grenzbereich Deutschlands</li> </ul> |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Wärmebereitstellung ist Holz als Brennstoff dem Stroh in den Belangen Handhabbarkeit, Emissionen und Anlagentechnik überlegen</li> <li>• Preissteigerung durch Anstieg der Nachfrage, ggf. auch durch Strohnutzung bei der Ethanolherstellung</li> </ul>                                |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der mit der Wärmebereitstellung verbundenen Treibhausgasemissionen gegenüber der Nutzung fossiler Energieträger</li> <li>• Stroh als Nebenprodukt der Landwirtschaft steht in großen technisch nutzbaren Mengen zur Verfügung</li> </ul>  |

|                | Ballenstroh  | Strohpellets  |
|----------------|--|---|
| Marktgröße     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• derzeit ist kein Markt vorhanden</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• derzeit ist kein Markt vorhanden</li> </ul>  |
| Marktwachstum* | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brennstoffpotenzial: 560–720 Mio. € p. a. , bis 2010 und 2020 ist keine signifikante Veränderung zu erwarten</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• nicht bezifferbar, da verfügbare Anlagentechnik zur Strohnutzung auch künftig ungewiss ist</li> </ul>  |
| Treiber        | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung preisgünstiger Produktionsrückstände</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Naturproduktimage</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Preisen auf dem Weltenergiemarkt</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>- Emissionen: Einhalten der Grenzwerte</li> <li>- Korrosives Abgas, kurze Anlagenlebensdauer, d. h. hohe spezifische Bereitstellungskosten</li> <li>- Aufwändige Anlagentechnik; damit verbunden hohe Anlagenkosten</li> <li>- Ascheentsorgung</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> <li>- Unzureichende Anlagentechnologie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung preisgünstiger Produktionsrückstände</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Naturproduktimage</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Preisen auf dem Weltenergiemarkt</li> <li>+ einfacherer Handhabung und etwas bessere Brennstoffeigenschaften als Ballenstroh</li> <li>- Emissionen: Einhalten der Grenzwerte</li> <li>- Korrosives Abgas, kurze Anlagenlebensdauer, d. h. hohe spezifische Bereitstellungskosten</li> <li>- Aufwändige Anlagentechnik; damit verbunden hohe Anlagenkosten</li> <li>- Ascheentsorgung</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> <li>- Unzureichende Anlagentechnologie</li> </ul> |

\* Inflationsbereinigt

Abbildung: Übersicht über den Markt für Stroh zur Wärmeerzeugung (Stand: Ende 2004)

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Stroh ist ein Nebenprodukt der landwirtschaftlichen Produktion, u. a. von Getreide, Ölsaaten und Körnermais, das jedes Jahr in großen Mengen anfällt. Im Allgemeinen wird es zur Erhaltung des Humusgehaltes und zur Schließung der Stoffkreisläufe (d. h. Nährstoffrückführung) in den Boden eingearbeitet. Trotzdem wären je nach Boden- und Fruchtfolgebedingungen ca. 30 % des Strohaufkommens – insbesondere des Getreidestrohs – verfügbar, die energetisch genutzt werden könnten.

Üblicherweise wird Getreidestroh nach der Ernte des Getreidekorns zu Rund- oder Quaderballen verpresst, die ein Gewicht von bis zu 1 t und eine Dichte von bis zu  $170 \text{ kg/m}^3$  haben. Ähnlich wie Holz kann auch Stroh aber auch zu **Pellets** verpresst werden. Diese zylindrischen Presslinge messen ca. 4 bis 10 mm im Durchmesser. Anders als für Holzpellets existiert für Strohpellets allerdings bisher keine Norm, so dass nicht von definierten Brennstoffeigenschaften wie Heizwert oder Aschegehalt bei der Verbrennung ausgegangen werden kann. Die Dichte von Holzpellets ist mit ca.  $650 \text{ kg/m}^3$  mehr als dreimal so hoch wie die von Strohballen.

| Produkt(gruppe) | Wertschöpfungsketten   |
|-----------------|--|
| Strohballen     | • Reststoff Getreideproduktion frei Acker → Ballenpressen → Transport zum Endverbraucher   |
| Strohpellets    | • Reststoff Getreideproduktion frei Acker → Ballenpressen → Transport → Ballenauflösen → Häckseln<br>Pelletierung → Transport zum Endverbraucher |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Stroh

Für die **Ballenbereitstellung** werden in der deutschen Landwirtschaft selbstfahrende oder gezogene Quaderballenpressen sowie gezogene Rundballenpressen eingesetzt. Für die **Pelletherstellung** wird das Stroh zerfasert bzw. gemahlen und anschließend ggf. unter Zugabe von Zuschlagstoffen (wie z. B. Bindemittel) in Pressen geformt. Der Primärenergiebedarf zur Pelletproduktion entspricht weniger als 10 % des Energiegehaltes der Strohpellets. **F&E-Bedarf** im Hinblick auf eine Pelletierung besteht vor allem in folgenden Bereichen:

- Vorbehandlung des Strohs zur Verbesserung der Brennstoffeigenschaften,

- Entwicklung von Zuschlagstoffen zur Strohpelletierung, die der Bildung korrosiver Gase bei der Verbrennung entgegenwirken,
- Filtertechnik (Staub),
- ggf. Normung der Pellets analog zu Holzpellets.

### **Ökologische Bewertung der Nutzung von Stroh zur Wärmebereitstellung**

Die Bereitstellung von Stroh als Nebenprodukt oder Rückstand der landwirtschaftlichen Produktion ist nur mit relativ **geringen Umweltwirkungen** verbunden. Durch die Ballenpressung und den Abtransport des Strohs erhöhen sich der Energieaufwand und die Emissionen der eingesetzten Landmaschinen im Vergleich zu den Emissionen, die bei einem Unterpflügen des Strohs auftreten. Weiterhin steht der Nährstoffgehalt des Strohs bei Abfuhr nicht mehr dem Boden zur Verfügung und muss daher durch einen erhöhten Stickstoff-Düngereinsatz ausgeglichen werden. Da die **Energiedichte** von Stroh im Vergleich zu fossilen Energieträgern gering ist, muss je Energieeinheit mehr Masse transportiert werden. Daher sind die durch den **Transport** verursachten Umweltbelastungen grundsätzlich spezifisch höher als beim Transport von fossilen Energieträgern. Da beim Stroh die Transportdistanz in der Regel aber aus wirtschaftlichen Gründen weniger als 50 km beträgt, sind die absoluten Emissionen deutlich geringer im Vergleich zu fossilen Energieträgern. Das bei der Verbrennung von Stroh freigesetzte  $\text{CO}_2$  gilt als **klimaneutral**, da es – unter der Voraussetzung einer nachhaltigen Landwirtschaft – beim Wachstum der Pflanze der Atmosphäre entzogen.

### **3 Analyse des Strohmarktes**

Das **technisch nutzbare Strohpotenzial**, ca. 30 % des gesamten Strohaufkommens, beträgt ca. 16 Mio. t/a und entspricht etwa 230 PJ/a. Bei einem Anlagennutzungsgrad von 85 % könnten somit ca. 196 PJ Wärme bereitgestellt werden; dies entspricht rund 10 % der Wärmenachfrage der deutschen Haushalte.

Der potenzielle Brennstoffmarkt für die Strohbereitstellung könnte ein Marktvolumen zwischen 560 und 720 Mio. € erreichen. Die **Bereitstellungskosten** für Ballenstroh liegen bei 35 bis 55 €/t und für Strohpellets bei ca. 120 bis 140 €/t. Für das beschriebene Brennstoffangebot an Stroh ist aktuell **keine Konkurrenz** in der Nutzung (wie z. B. Streu) festzustellen. Stroh als Brennstoff ist jedoch – je nach technischer Beschaffenheit der

Anlage und in Abhängigkeit vom Genehmigungsstatus (bei Großanlagen) – durch Holzhackschnitzel oder Holzpellets **substituierbar**.

Bislang existiert aber kein Markt für den energetischen Einsatz von Stroh, so dass folglich auch kein relevanter Wettbewerb stattfindet.

Die **Bereitstellung** von Stroh oder Strohpellets als Brennstoff ist grundsätzlich technisch machbar. Allerdings existieren derzeit weder spezialisierte Anbieter noch eine etablierte Händlerstruktur. Strohballen können nur beim Erzeuger, also dem Landwirt, bezogen werden. Strohpellets können auf Nachfrage von Futtermittelherstellern produziert und geliefert werden. Bislang wird Stroh nur in einem **Nischenmarkt** zu energetischen Zwecken eingesetzt, der sich zudem aufgrund der relativ hohen Transportkosten in zahlreiche regionale Teilmärkte gliedert. Eine Vernetzung dieser Teilmärkte ist wegen der zu überbrückenden Transportdistanzen schwierig. Für den Handel über größere Distanzen (ab 50 km) müsste ein Transportsystem mit geringen spezifischen Kosten (d. h. Schiff, Bahn) eingesetzt werden.

Potenzielle **Abnehmer** großer Mengen **an Ballenstroh** können z. B. Betreiber von Stroh-Heizwerken in Kommunen, Gewerbe oder Industrie oder Pelletierer sein. Im Falle des Betriebs eines Stroh-Heizwerks ist die Deckung der Brennstoffnachfrage (bis zu 55.000 t/a) durch **langfristige Lieferverträge** zwingend erforderlich.

Potenzielle **Abnehmer von Strohpellets** sind vorwiegend Privatpersonen als Kleinverbraucher für die Hausbrandanlage. Außerdem ist eine Eigennutzung zur Wärmegewinnung in landwirtschaftlichen Betrieben sehr gut möglich.

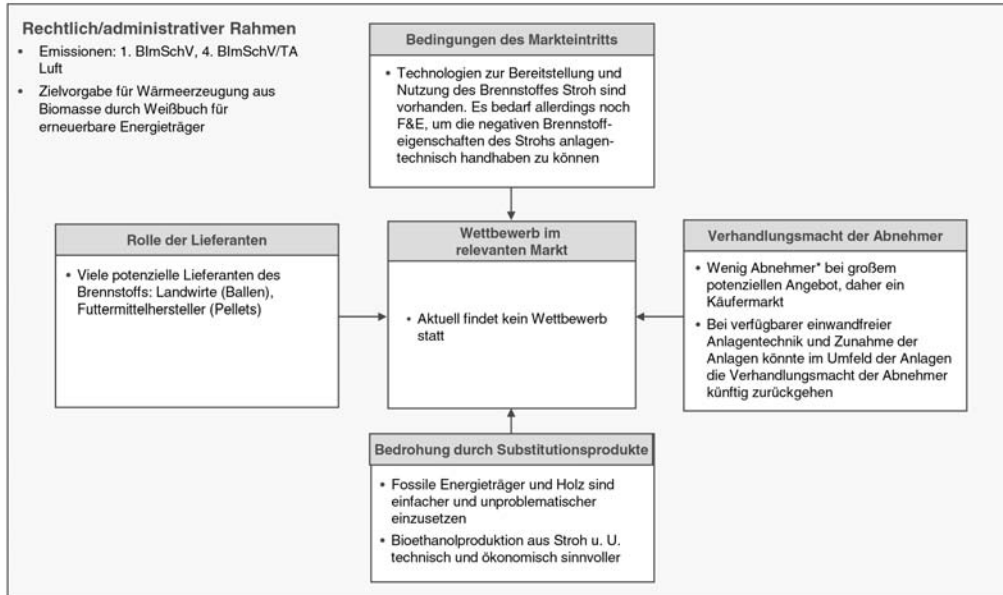
Der Aufbau eines Strohmarktes zur Wärmeerzeugung wird aktuell gehemmt durch die unzureichende Anzahl von **Anlagenplanern** und **-herstellern** in Deutschland, die ihre Erfahrung bei der Umsetzung von Projekten einbringen können. Weiterhin treten bei der Verbrennung von Stroh eine Reihe **technischer und umweltrelevanter Probleme** auf, von dessen Lösung der zukünftige **Markteintritt** von Stroh im Brennstoffwärmemarkt abhängt, z. B.:

- technische Beherrschbarkeit des Verbrennungsprozesses unter Einhaltung der gültigen Emissionsgrenzwerte (bei der Strohverbrennung in Hausbrandanlagen können Staub-, CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen über den zulässigen Grenzwerten liegen),

- Umgang mit aggressiven Substanzen im Brennstoff (z. B. korrosives Abgas (v. a. HCl, NaCl, KCl) wirkt sich negativ auf die Anlagenlebensdauer aus),
- Ascheentsorgung (es fällt ca. 10-mal mehr Asche an als bei der Holzverbrennung, zudem ist die Verwertung als Dünger aufgrund der zu erwartenden Inhaltsstoffe problematisch).

Stroh als Brennstoff ist schwierig zu handhaben und leicht durch andere Brennstoffe zu **substituieren**. Je nach technischer Auslegung der Anlage und in Abhängigkeit vom Genehmigungsstatus (bei Großanlagen) ist Stroh durch Holzhackschnitzel und Holzpellets substituierbar. Unter Umständen kann Stroh zukünftig auch, sobald die Verfahrenstechnik verfügbar ist, zur Bereitstellung von Ethanol oder von synthetischen Kraftstoffen (d. h. BTL) genutzt werden. Hinzu kommt, dass die **Wärmebereitstellungskosten** durch die Nutzung von Strohprodukten insbesondere bei Kleinanlagen über denen einer Nutzung fossiler Energieträger oder auch von Holz liegen; dementsprechend ist eine Substitution schon aus wirtschaftlichen Gründen sehr wahrscheinlich.

## Zusammenfassung der aktuellen Situation auf dem Strohmarkt



\* Es werden derzeit einige landwirtschaftliche Versuchs- und Pilotanlagen betrieben

Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Stroh-Markt



#### 4 Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen

Als **Nutzungstechnologien** zur Wärmeerzeugung aus Stroh stehen zur Verfügung:

- Pelletkessel ab 10 kW,
- Hackschnitzel- oder Ganzballenfeuerung in landwirtschaftlichen Hofanlagen ab ca. 50 kW,
- Heizwerke bis 10 MW,
- Ganzballenvergaser 85 bis 400 kW.

Stroh ist ein **relativ kostengünstiger Brennstoff**, mit dessen Nutzung aber hohe Investitionskosten für die Anlagentechnik verbunden sind. In der Summe werden dadurch die Wärmebereitstellungskosten der meisten Nutzungsoptionen derart erhöht, dass sie nicht mehr wirtschaftlich darstellbar sind.

| Brennstoff          | Wärmebereitstellungskosten     |
|---------------------|--------------------------------|
| Strohballen         | ca. 5 ct/kWh (Heizwerk)        |
| Strohpellets        | 10,5–11,5 ct/kWh (Kleinanlage) |
| Holz hackschnitzel  | 8 ct/kWh (Kleinanlage)         |
| Holzpellets         | 10,5 ct/kWh (Kleinanlage)      |
| Erdgas <sup>a</sup> | 8–9,5 ct/kWh (Kleinanlage)     |
| Erdöl <sup>a</sup>  | 8–9,5 ct/kWh (Kleinanlage)     |

*a. Bei einem Erdöl-/Erdgaspreis von 3,5–5 ct/kWh*

*Abbildung: Brennstoffe und Wärmebereitstellungskosten von Stroh im Vergleich zu anderen Energieträgern (Stand: Mitte 2005)*

Die **Investitionskosten je Nutzungstechnologie** können wie folgt zusammengefasst werden:

- Spezifische Investitionskosten für Pelletkessel betragen ca. 300 €/kW; für Kessel auf der Basis fossiler Energieträger liegen sie hingegen nur bei etwa 150 €/kW. Die Wärmebereitstellungskosten durch Strohpellets liegen ähnlich wie bei Holzpellets etwas höher als die durch die Nutzung fossiler Energieträger.

- Ganzballenvergaser kosten je nach Leistung zwischen 250 und 450 €/kW.
- Fernwärmenetze bis 10 MW Feuerungsleistung sind technisch realisierbar (Häckselgut, Ballen, selten auch Pellets). Die Kosten für Pilotanlagen liegen wegen der aufwändigen Prozesstechnik derzeit bei ca. 1.300 €/kW (Dänemark 300 bis 700 €/kW).

Bei dem Einsatz von Stroh in Feuerungsanlagen müssen u. a. folgende **rechtliche Rahmenbedingungen** beachtet werden:

- **Baurechtliche Genehmigung:** Bauordnung, Feuerungsanlagenverordnung, Heizungsanlagen-Verordnung; Wärmeschutzverordnung,
- **Emissionen:** 1. BImSchV, 4. BimSchV/TA Luft,
- **Biomasse-Verordnung,**
- **Ascheentsorgung:** Düngemittelverordnung,
- **EU-Rahmen:** Weißbuch für erneuerbare Energieträger; Weißbuch Energiepolitik, Grünbuch Energieversorgungssicherheit, koordinierter europäischer Biomasse-Aktionsplan, Richtlinie über den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten (u. a. Kyoto-Protokoll).

## 5 SWOT-Analyse

Das große Nutzungspotenzial von Stroh zur Wärmeerzeugung scheidet zurzeit vor allem an anlagentechnischen Problemen. Einen zusammenfassenden Überblick der Stärken und Schwächen der Wärmeerzeugung mit Stroh sowie zu den Chancen und Risiken des Marktes ist nachfolgend dargestellt.

| Stärken  | Schwächen  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung von landwirtschaftlichen Rückständen bzw. eines Nebenproduktes als <b>Brennstoff, der in großen Mengen kostengünstig</b> und ohne große Umweltbelastungen zur Verfügung steht</li> <li>• <b>Strohbereitstellungsketten</b> sind weit gehend verfügbar</li> <li>• Bereitstellung <b>umweltfreundlicher</b> und klimaverträglicher Sekundär- bzw. Endenergieträger</li> <li>• Vielversprechende Option der Wärmebereitstellung für Landwirte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Unzureichende Wirtschaftlichkeit</b></li> <li>• <b>Feuerung Problematisch:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Staubemissionen, NO<sub>x</sub>-Emissionen</li> <li>• Korrosives Rauchgas</li> <li>• Hoher Ascheanteil</li> <li>• Aufwändige Anlagentechnik erhöht die Wärmebereitstellungskosten</li> </ul> </li> <li>• Stroh kann u. U. sinnvoller als Rohstoff für die <b>Ethanol-</b> oder <b>synthetische BTL-Produktion</b> eingesetzt werden</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Großes <b>ungenutztes Energieträgerpotenzial</b></li> <li>• <b>Verbreiterung der wirtschaftlichen Basis</b> landwirtschaftlicher Betriebe</li> <li>• Lösung der <b>Brennstoff-/Abgasproblematik</b> durch F&amp;E bei Brennstoffbereitstellung und Anlagentechnik</li> <li>• <b>Kostenverringerung</b> entlang der gesamten Wertschöpfungskette durch Serienproduktion</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zur Wärmebereitstellung ist <b>Holz</b> als Brennstoff dem Stroh in den Belangen Handhabbarkeit, Bedienungsaufwand, Emissionen und Anlagentechnik überlegen. Bei ähnlich hohen Wärmebereitstellungskosten besteht die Möglichkeit der Substitution durch Holz. <b>Transport</b> über weite Distanzen wirtschaftlich problematisch</li> <li>• <b>Preissteigerung</b> durch Anstieg der Nachfrage möglich</li> </ul>  |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Stroh zur Wärmeerzeugung

## 6 Relevante internationale Erfahrungen

In **Dänemark** werden zurzeit pro Jahr mehr ca. 400.000 t Stroh, das sind ca. 15 % der insgesamt anfallenden Strohmenge, für energetische Zwecke genutzt. Dies konnte durch vier Energiepläne der dänischen Regierung erreicht werden, durch die der Einsatz erneuerbarer Energien zur Energieversorgung bis zum Jahr 2030 auf 35 % gesteigert werden soll. In landwirtschaftlichen Betrieben sind ca. 10.000 Strohverbrennungsanlagen installiert. Trotz der problematischen Brennstoffeigenschaften des Strohs wurden seit 1980 ca. 60 strohbefeuerte Heizwerke mit einer Leistung von 0,6 bis 9 MW errichtet. In Deutschland wäre die Mehrzahl dieser Anlagen aufgrund der strengeren Emissionsgrenzwerte nicht genehmigungsfähig.

Auch in einigen anderen Ländern wird Stroh als Brennstoff genutzt. In **Österreich** z. B. stellen mehrere Heizwerke Nah- und Fernwärme aus Stroh bereit. Die hierbei eingesetzte dänische Technologie führte infolge zu hoher Emissionen z. T. zu genehmigungsrechtlichen Problemen.

## 7 Exkurs Getreidemarkt

Neben dem Einsatz von Stroh im Wärmemarkt kann auch die Getreideverbrennung (d. h. Nutzung des Kornes als Energieträger) zur Wärmebereitstellung beitragen. Die **Getreideverbrennung** ist aber aus technischer Sicht noch problematisch und rechtlich mit hohen Anforderungen verbunden. Von der durchschnittlichen Getreideernte in Deutschland in Höhe von 45 Mio. t/a sind witterungsabhängig 2 bis 5 % für eine Verwertung als Nahrungsmittel ungeeignet. Allein dieser Anteil ergibt ein Mengenpotenzial für die energetische Nutzung von 0,9 bis 2,25 Mio. t/a und ein energetisches Nutzungspotenzial von etwa 15 bis 40 PJ/a. Die derzeitigen Nutzungs- bzw. Verwertungspfade für nicht nutzbares Getreide sind nicht eindeutig bekannt. Eine **Deponierung** von nicht nutzbarem Getreide ist aufgrund der TA Siedlungsabfall aber nicht mehr möglich. Im Hinblick auf die Einhaltung von Staub- und  $\text{NO}_x$ -Grenzwerten ist die **energetische Nutzung** von Getreide kritisch zu bewerten. Die Mitverbrennung von Getreide bzw. Beimischung in Biomasseheiz(kraft)werken könnte ein möglicher Nutzungspfad unter Beachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen sein. Hinsichtlich der Verbrennung von Getreide bestehen zurzeit die gleichen technischen Anlagenprobleme wie bei Stroh.

Die Verbrennung von Getreide wirkt u. a. folgende **umwelttechnischen Probleme** auf:

- ungünstige Verbrennungseigenschaften infolge hoher Stickstoff-, Chlor- und Schwefelgehalte,
- Gefahr erhöhter Korrosion,
- niedrige Ascheschmelztemperatur von ca. 700 °C (Holz 1.200 °C) kann zur Verschlackung des Feuerraums führen,
- Wegen hoher Staubemissionen sind im Allgemeinen sekundäre Entstaubungseinrichtungen notwendig,
- höhere Aschegehalte (2,5 % wf) gegenüber Laub- und Nadelholz (0,6 bis 0,8 % wf).

Folgende **rechtliche Rahmenbedingungen** (Auswahl) finden bei der Verbrennung von Getreide Anwendung:

**Anlagen mit einer Leistung unter 100 kW:**

- nach 1. BImSchV (Kleinf Feuerungsanlagen) ist Getreide kein zugelassener Brennstoff,
- Ausnahmegenehmigungen sind Länderangelegenheit; die meisten Bundesländer lehnen eine Verbrennung von Getreide ab,
- bis 15 kW sind nur Holzbrennstoffe zugelassen.

**Anlagen mit einer Leistung über 100 kW:**

- nach 4. BImSchV (genehmigungsbedürftige Anlagen) kann Getreide als Sonderbrennstoff eingesetzt werden,
- Mehraufwand bei der Genehmigung und der Abgasreinigung,
- es entstehen höhere Investitions- und Betriebskosten.

## **8 Quellenverzeichnis**

### **Literatur**

- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit: Energie Daten 2003. Berlin 2003
- Center für Biomasse-Technologie: Stroh als Energieträger. Technik-Umwelt-Ökonomie. 2. Auflage 1998. [www.videncenter.dk](http://www.videncenter.dk)
- Hartmann, H.: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. Gülzow 2003
- Hartmann, H./Kaltschmitt, M.: Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 3, 2. Auflage, Landwirtschaftsverlag, Münster 2002
- Hering, T.: Aufbereitung und Verbrennung von Stroh – Technik und Wirtschaftlichkeit. In: Die Landwirtschaft als Energieerzeuger. KTBL-Tagungsband, Darmstadt 2004

IER/Prognos AG (2005): Analyse der Wirksamkeit von CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung. Basel/Stuttgart 2005  
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft: Energetische Verwertung von Getreide und Halmgutpellets. Unveröffentlichter Endbericht. Dornburg 2004  
Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch. Wiesbaden 2003

## B Holzpellets

### 1 Zusammenfassung

Holzpellets werden aus getrocknetem, naturbelassenem Holz meist unter Zugabe von Bindemitteln organischer Herkunft hergestellt. Die **Holzpelletierung** und **Holzpelletfeuerung** stellen eine **etablierte Technik** dar. Ende 2004 waren über **40.000 Pelletheizungen** in Deutschland installiert. Ein weit verzweigtes Pellehändlernetz gewährleistet die Brennstoffversorgung im ganzen Land, wobei Pelletpreise in Abhängigkeit von der Händlerdichte regional streuen (z. B. 150 bis 200 €/t für lose Pellets ab 5 t).

Die gegenwärtige Brennstoffbereitstellung von ca. 140.000 t Holzpellets im Jahr 2004 entspricht einem **Marktwert** von etwa 25 Mio. € p. a. In Deutschland wurden Holzpellets bisher aus Rückständen, Nebenprodukten und Abfallstoffen von Sägewerken sowie der holzbe- und -verarbeitenden Industrie (u. a. Sägespäne, Sägemehl) hergestellt. Dennoch hatte die deutsche Pelletproduktion an der Nutzung von Säge-Nebenprodukten im Jahr 2002 nur einen geringen Anteil von etwa 2 % (siehe Diagramm) und stellte damit bisher keine bedeutende Konkurrenz zu sonstigen Nutzungsoptionen von Sägenebenprodukten dar.

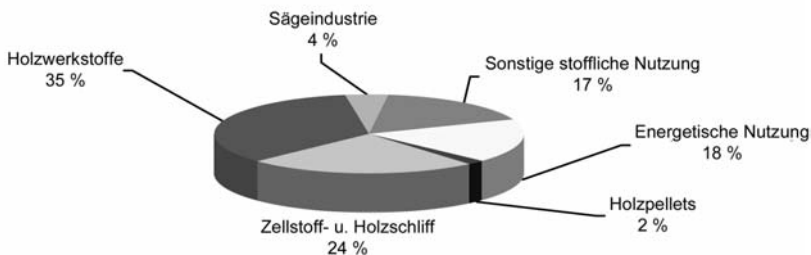


Abbildung: Nutzung von Sägenebenprodukten in Deutschland

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Holzpellets  |
|---|--|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absatz: 140.000 t/a, davon aus deutscher Produktion 120.000 t/a</li> <li>• Marktwert: 25 Mio. € p. a., davon entfallen auf deutsche Produktion etwa 22 Mio. € p. a. (85 %)</li> </ul>   |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: Absatzanstieg von derzeit 140.000 t/a auf 300.000 t/a (14 % p. a.), Marktwert 54 Mio. €</li> <li>• Tendenz 2020: Absatzzunahme ab 2010 etwa 7–10 % p. a. (ca. 700.000 t/a), Marktwert 126 Mio. €</li> </ul>   |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gegenwärtig nur gering, da weitgehend Nutzung von Rückständen und Nebenprodukten</li> <li>• 2010: Absatz 255.000 t/a (14 % p. a.), Marktwert: 46 Mio. € p. a., davon Forstwirtschaft rund 13 Mio. € p. a.</li> <li>• Tendenz 2020: Absatz ca. 600.000 t/a (9 % p. a.), Marktwert: 107 Mio. € p. a., davon Forstwirtschaft 30 Mio. € p. a.</li> </ul>  |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Energie- und Personalkosten beeinträchtigen die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Land- und Forstwirtschaft gegenüber den billig produzierenden osteuropäischen Nachbarstaaten sowie der skandinavischen und nordamerikanischen Holzpellet-Massenproduktion</li> </ul>  |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die potenzielle inländische Wertschöpfung – bei positiver Marktentwicklung wird für die deutsche Forstwirtschaft ein Marktanteil von 85 % angenommen – könnte gemindert werden, wenn preisgünstige Holzpellets als Massenware importiert werden</li> <li>• Kürzung oder Wegfall der Anlagenförderung</li> </ul>   |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen z. B. gegenüber Heizöl (5 t/a) und Erdgas (2,5 t/a) beim Einfamilienhaus</li> <li>• Holzpelletproduktion beruht derzeit auf Rest- und Abfallstoffen der Sägewerke und Holzwerkstoffindustrie.</li> <li>• Beim weiteren Ausbau der deutschen Holzpelletproduktion werden voraussichtlich vorrangig Nadelhölzer (Waldrest- und Schwachholz) eingesetzt</li> </ul> |



|                | Holzpellets aus Reststoffen   | Holzpellets aus der Forstwirtschaft   |
|----------------|---|---|
| Marktgröße     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 Mio. € p. a.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• derzeit nur geringer Marktanteil</li> </ul>  |
| Marktwachstum* | <ul style="list-style-type: none"> <li>• weit gehend stagnierend</li> <li>• 2010: 25 Mio. € p. a.</li> <li>• 2020: 25 Mio. € p. a.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 29 Mio. € p. a. (2004: noch kein Marktanteil vorhanden)</li> <li>• 2020: 101 Mio. € p. a.</li> </ul>   |
| Treiber        | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung preisgünstiger Rückstände und Nebenprodukte</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Naturproduktimage</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Preisen auf dem Weltenergiemarkt</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>- Konkurrenz zur stofflichen Nutzung</li> <li>- Hohe Anlagenkosten</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Naturprodukt</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Preisen auf dem Weltenergiemarkt</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>- Höhere Kosten bei der Nutzung von Waldholz</li> <li>- Ggf. Stützungsbedarf</li> <li>- Logistikketten müssen noch entwickelt werden</li> </ul> |

\* Inflationsbereinigt

Abbildung: Übersicht über den Markt für Holzpellets zur Wärmeerzeugung

Für eine mittel- bis langfristig signifikante Steigerung der Holzpelletproduktion müssen jedoch auch neue Rohstoffquellen in Form von Waldrest- bzw. Schwachholz oder durch den Anbau von Kurzumtriebsplantagenholz erschlossen werden. Dies wäre einerseits notwendig, um die gezielte Nutzung von einheimischen NAWARO zu ermöglichen und andererseits Verdrängungsmechanismen für die nicht-energetische Nutzung von Säge-Nebenprodukten zu vermeiden.

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Holzpellets können sowohl aus Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen der Holzverarbeitenden Industrie und der Sägewerke als auch direkt aus Waldrest- oder Schwachholz hergestellt werden. Aktuell werden Holzpellets meist aus getrocknetem, naturbelassenem Restholz unter Zugabe von nicht-chemischen Bindemitteln hergestellt. Die in Deutschland angebotenen Holzpellets sind genormte, zylindrische Presslinge mit einem Durchmesser von ca. 4 bis 10 mm und einer Länge von 20 bis 50 mm (DIN 51 731; DINplus). Sie haben einen deutlich höheren Brennwert als andere biogene Brennstoffe und einen Heizwert von ca. 5 kWh/kg. Damit entspricht der Energiegehalt von einem Kilogramm Pellets ungefähr dem von einem halben Liter Heizöl.

Der deutsche Pelletmarkt wird bisher fast ausschließlich mit inländischen Produkten bedient, so dass sich die **regionale Wertschöpfung** erhöht und zusätzliche Arbeitsplätze entstehen. Die größte **Konkurrenz** für den deutschen Markt stellen die preiswert produzierenden osteuropäischen Pellets dar. Das Absatz- und Einkommenspotenzial für die deutsche **Land- und Forstwirtschaft** ist derzeit gering, da Holzpellets vor allem aus Rückständen, Nebenprodukten und Abfallstoffen der Sägewerke und der Holzverarbeitenden Industrie hergestellt werden.

| Produkt(gruppe)                     | Wertschöpfungsketten  |
|-------------------------------------|---|
| Holzpellets aus Reststoffen         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sägewerke und Holzverarbeitende Industrie.</b> Pelletproduzenten, Pellethändler, Transportunternehmen</li> </ul>  |
| Holzpellets aus der Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Waldbauern</b> (Waldrestholz, Schwachholz, teilweise auch bereits Kurzumtriebsplantagenholz von Weide oder Pappel), Pelletproduzenten, Pellethändler, Transportunternehmen</li> </ul> |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Holzpellets

Für die **Herstellung von Holzpellets** werden damit in erster Linie bereits vorhandenes Sägemehl und Hobelspäne verarbeitet, die kostengünstig verfügbar sind. Die vorhandenen Rohstoffe aus Sägewerken und aus der Holzverarbeitenden Industrie werden allerdings bei einem zu erwartenden steigenden Bedarf vor allem zur stofflichen Verwertung eingesetzt, so dass eine Steigerung der Nutzung für die Pelletproduktion nur eingeschränkt möglich zu sein scheint. Deshalb muss für eine Ausweitung der Pelletproduktion künftig verstärkt auf Waldrest- und Schwachholz bzw. (sehr) langfristig Kurzumtriebsplantagenholz (z. B. Weide, Pappel) zurückgegriffen werden. Waldholz kann aber auch in anderen Brennstoffmärkten zur Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden, so dass hier eine konkurrierende Nutzung besteht.



Abbildung: Biomassepotenzial für Holzpellets in Deutschland

Die Herstellungstechnologie für Holzpellets aus homogenen Rohstoffen ist weitgehend ausgereift. **F&E-Bedarf** besteht in zunehmendem Maße für die Mischung verschiedener Rohstoffqualitäten und Rohstoffarten, wie z. B. die Mischung von Laub- und Nadelholz oder ggf. die Mischung von Holz mit landwirtschaftlichen Biomassen wie Stroh und Heu. Seitens der Pellethersteller laufen Versuche, auf die natürlichen Zuschlagstoffe (vor allem Kartoffel- oder Maisstärke) beim Pressprozess gänzlich zu verzichten, um auf diese Weise die Brennstoffeigenschaften

weiter zu verbessern und besser an die Endnutzungstechnologien (d. h. Pelletfeuerungen) anzupassen. Eine weitere Prozesskostensenkung kann durch größere Anlagen bzw. höhere Anlagenauslastungen erreicht werden. In Skandinavien (z. B. Schweden) existieren bereits **mobile Pelletieranlagen**, die bedarfsgerecht zwischen verschiedenen Standorten entsprechend dem Anfall von nutzbaren Holzmengen eingesetzt werden können.

Auf der Basis vorhandener Studien kann folgende **ökologische Bewertung** vorgenommen werden:

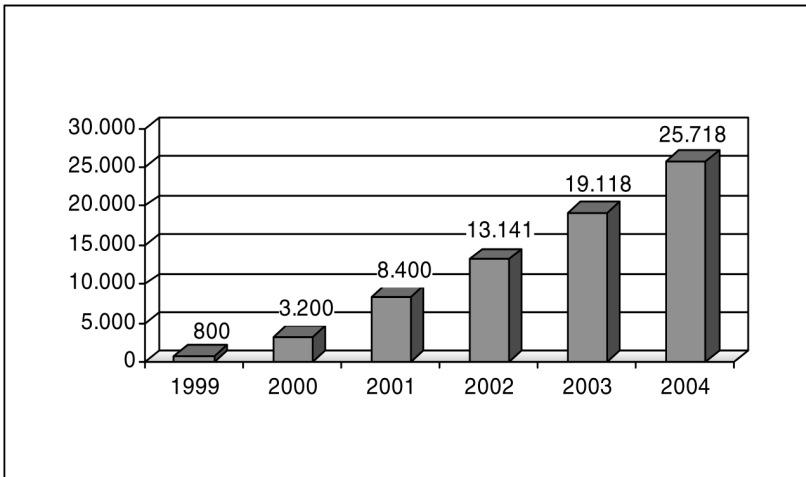
- Holzpellets werden ohne Zugabe von chemischen Bindemitteln hergestellt.
- Der Aschegehalt sowie die Restfeuchte sind geringer als bei anderen biogenen Festbrennstoffen.
- Die Verbrennung von Holzpellets gilt als klimaneutral, da das CO<sub>2</sub> beim Wachstum der Pflanze der Atmosphäre entzogen wurde (Voraussetzung: nachhaltigen Forstwirtschaft). In einem Einfamilienhaus kann durch das Umstellen von einer Heizöl- auf eine Pelletheizung der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um rund 5 t jährlich reduziert werden (bzw. 2,5 t jährlich bei Austausch einer Gasheizung).
- Da die Energiedichte von Holzpellets im Vergleich zu fossilen Energieträgern geringer ist, muss je Energieeinheit mehr Masse transportiert werden. Daher sind die durch den Transport verursachten Umweltbelastungen spezifisch höher als beim Transport von fossilen Energieträgern. Holz ist allerdings in fast allen Regionen Deutschlands verfügbar, so dass kurze Transport- und Verarbeitungswege entstehen; absolut gesehen sind deswegen die Umwelteffekte infolge des Transports deutlich geringer.
- Bei der Verbrennung von Holzpellets kommt es zu einem deutlich geringeren Ausstoß an Schwefeldioxid im Vergleich zu fossilen Energieträgern. Da Schwefeldioxid maßgeblich zur Bildung von saurem Regen beiträgt und für das Waldsterben mitverantwortlich ist, leistet die Verbrennung von Pellets auch einen Beitrag zum Schutz der Wälder.
- Die anfallende Asche bei der Verbrennung von Holzpellets kann als Dünger genutzt werden. Kessel mit einer automatischer Reinigung und Entaschung sind nicht nur bequem, sondern sichern auch einen optimalen Wirkungsgrad.

- Der für die industrielle Herstellung der Holzpellets benötigte Energieaufwand beträgt nur ca. 2 bis 3 % des Energiegehaltes der Pellets.

### 3 Analyse des Marktes

Im Unterschied zu Österreich kam der Pelletmarkt in Deutschland erst zur Jahrtausendwende in Schwung. Ausgelöst durch die sprunghaft gestiegenen Preise für Heizöl und Erdgas waren zum Winter 1999/2000 die Randbedingungen für die **Markteinführung** eines neuen Brennstoffs und neuer Heizsysteme günstig. Innerhalb kurzer Zeit konnte die Anzahl der Pelletfeuerungen überproportionale Steigerungen verzeichnen, obwohl der Heizungsmarkt insgesamt rückläufig ist, wie die Verkaufstatistiken für Öl- und Gaskessel belegen. Das Jahr 2002 zeigte allerdings, dass sich auch der Pelletmarkt nicht von der allgemein schwachen Baukonjunktur abkoppeln konnte, so dass die Verkaufszahlen etwa auf dem Vorjahresniveau stagnierten. Trotz der immer noch schwachen Baukonjunktur konnten sich Pelletheizungen in den Jahren 2003 und 2004 wieder besser am Markt behaupten. Die Auswertungen des **Marktanreizprogramms** (MAP) des BMU zeigen per 01.12.04, dass im Jahr 2004 rund 6.600 Pelletheizungen gefördert wurden, was eine Steigerung von 12 % gegenüber dem Vorjahr bedeutet. Für das Jahr 2005 und 2006 gibt sich die Branche weiter optimistisch und rechnet mit einem weiteren **Marktwachstum**.

Der deutsche Pelletmarkt ist durch sehr **große regionale Unterschiede** charakterisiert. Da Holzheizungen traditionell in Süddeutschland eine größere Rolle spielen, wurden in Bayern und Baden-Württemberg auch etwa 64 % aller Pelletheizungsanlagen installiert. In Norddeutschland behindern die flächendeckende Erschließung mit Erdgas sowie die günstigeren Preise für fossile Energieträger (die Erdgaspreise im Großraum Hannover beispielsweise liegen teilweise 23 % unter denen des Großraumes Stuttgart) die Ausdehnung des Pelletsmarktes. Eine Sonderstellung nehmen die neuen Bundesländer ein, da hier viele Heizungsanlagen erst in den Folgejahren der Wiedervereinigung erneuert wurden und Ersatzinvestitionen in größerem Umfang erst nach 2010/2015 wieder zu erwarten sind. Der derzeit hohe Rohölpreis (etwa 60 US \$/Barrel) unterstützt die Umstellung der Heizsysteme von fossilen Energieträgern auf Holz.



\* Angaben für 2004 vorläufig

Abbildung: Kumulierter Bestand an Pelletzentralheizungen in Deutschland gemäß der Auswertung des Marktanreizprogramms (Angaben für 2004 per 1.12.)

Eng verknüpft mit dem Absatz der Pelletheizungen ist der Aufbau einer deutschen Pelletherstellung. Wurden zu Beginn der Entwicklung Holzpellets noch fast ausschließlich aus Österreich und anderen Ländern importiert, so wurden bis Ende 2004 an knapp 30 deutschen Standorten **Pelletproduktionen** aufgebaut. Weitere befinden sich derzeit im Bau. Da überwiegend Nadelholzspäne zu Pellets verpresst werden, konzentrieren sich die Standorte der Pelletproduktion vor allem auf die Mittelgebirgsregionen in der Nähe zur Sägeindustrie und besitzen damit einen einfachen Zugang zu den Rohstoffen.

**Pellets** werden in Deutschland auf drei Arten **vertrieben**:

- als lose Ware in Silofahrzeugen,
- in Big Bags zu 500 oder 1.000 kg,
- als Sackware zu 10, 12, 15 oder 20 kg.

Die **Produktionskapazitäten** für Holzpellets werden **dynamisch ausgebaut**. Trotz der wachsenden inländischen Produktion kann der steigende

Pelletbedarf derzeit nicht vollständig aus deutscher Produktion gedeckt werden. Viele deutsche Hersteller betreiben ihre Anlagen allerdings nur saisonal. Andere Produzenten stellen Pellets nur bei hinreichend verfügbaren Rohstoffmengen her. Dadurch werden die hohen Produktionskapazitäten der wenigsten Pelletieranlagen maximal ausgelastet. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Holzpresslinge die hohen Qualitätsanforderungen für Einzelfeuerungen erfüllen. Entsprechend mehr oder weniger große Kontingente des Rohstoffs werden in anderen Bereichen verwendet, etwa als Einstreu in der Landwirtschaft oder als Katzenstreu. Schließlich werden auch deutsche Pellets bereits in das benachbarte Ausland exportiert und dort in Holz(heiz)kraftwerken als Brennstoff genutzt.

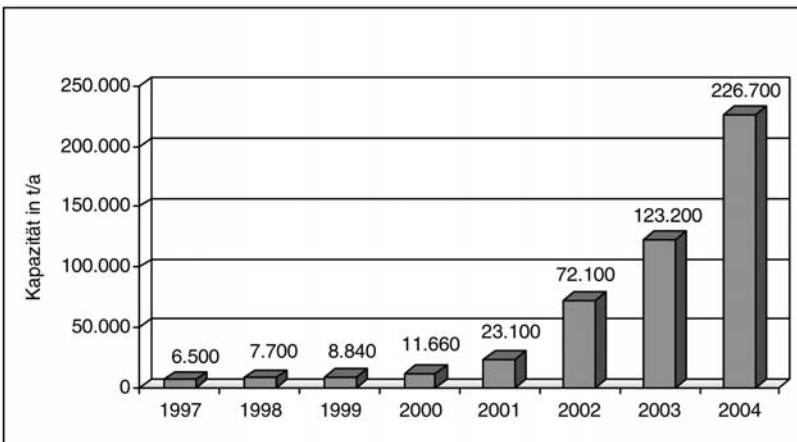


Abbildung: Produktionskapazitäten für Holzpellets in Deutschland

Ein **weiteres Marktwachstum** erfordert zumindest eine kontinuierliche Anlagenförderung auf dem Energiepreisniveau von Mitte 2005, um die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit zu fossilen Brennstoffen zu gewährleisten (Annahme: keine Veränderung der derzeitigen fossilen Energieträgerpreise) und die hohen Investitionskosten der noch jungen Pelletfeuerungstechnik auszugleichen.

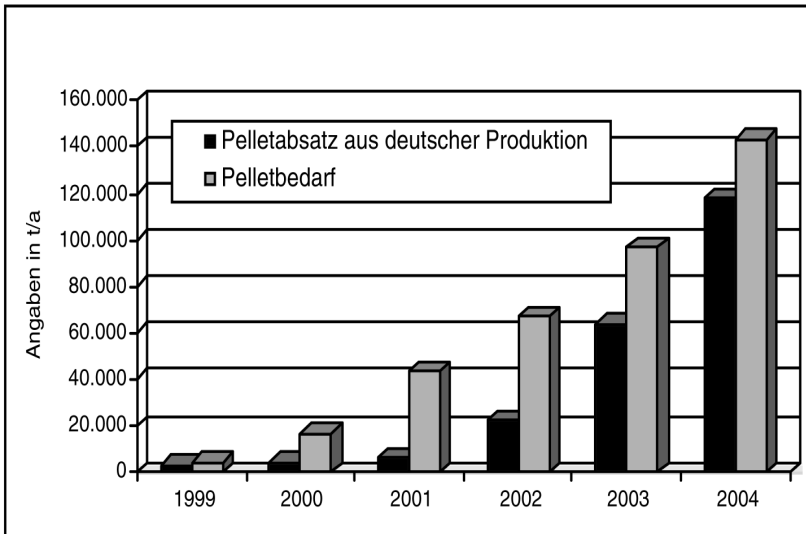


Abbildung: Vergleich von Pelletabsatz aus deutscher Produktion und inländischem Pelletbedarf

Entsprechend vorsichtigen Prognosen wird der Absatz von Holzpellets aus deutscher Produktion bis 2010 von derzeit ca. 120.000 t/a auf mindestens **300.000 t/a** wachsen und somit ein jährliches **Marktwachstum von 14 %** erreichen. Das eingeschränkte Rohstoffvolumen bei der Holzpelletterstellung aus Rückständen, Nebenprodukten und Abfallstoffen der Holzverarbeitenden Industrie und aus Sägewerken lässt das Marktvolumen bei etwa 25 Mio. € stagnieren. Durch die Erschließung neuer Rohstoffpotenziale in der Land- und Forstwirtschaft (Waldrest- und Schwachholz, Kurzumtriebsplantagenholz) könnten jedoch neue Märkte erschlossen werden, die über ein **Marktwachstumspotenzial von ca. 29 Mio. € bis 2010** verfügen.

Um in den Jahren **2010 bis 2020** ein weiteres Marktwachstum zu erzielen, ist bei gleich bleibenden Rahmenbedingungen (u. a. Rohölpreisniveau Jahresende 2004) eine Anlagenförderung von etwa 20 Mio. € p. a. erforderlich. Darüber hinaus sollten zukünftige Fördergelder solche



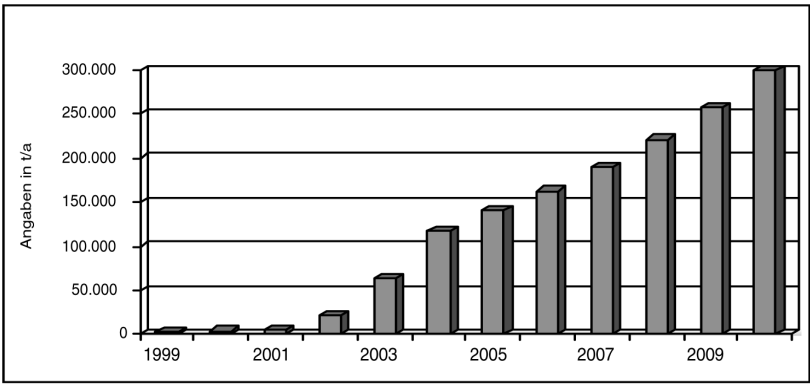


Abbildung: Prognose für den Pelletabsatz aus deutscher Produktion bis 2010

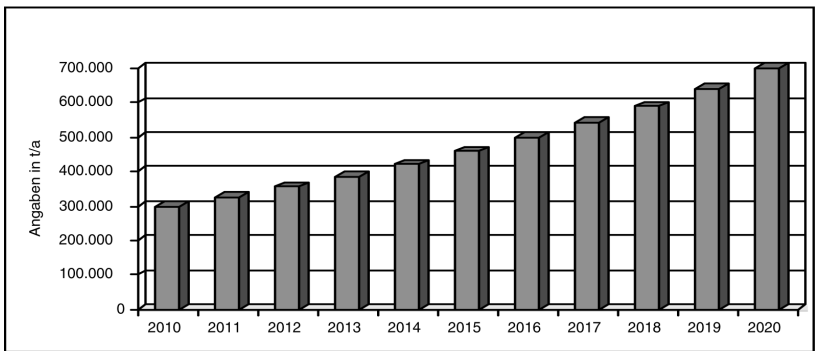


Abbildung: Prognose für den Pelletabsatz aus deutscher Produktion bis 2020

Pilotprojekte unterstützen, die eine maschinelle Waldrest- und/oder Schwachholznutzung in deutschen Wäldern untersuchen, wobei skandinavische Technologien und Erfahrungen berücksichtigt werden sollten. **2020** wird der Absatz von Holzpellets aus deutscher Produktion auf etwa **700.000 t/a** geschätzt, so dass das jährliche **Marktwachstum zwischen 7 und 10 %** läge. Das **Marktvolumen** der Holzpellets aus der Land- und

**Forstwirtschaft** wird im **Jahr 2020 auf 101 Mio. €** geschätzt, während das Marktvolumen der Holzpellets aus Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen bei 25 Mio. € stagniert.

Beim Ausbau des **Pellet-Händlernetzes** wurden schnell große Fortschritte erzielt, so dass im Dezember 2004 Holzpellets von etwa 287 Händlern angeboten wurden und somit regionale Bezugsquellen für lose Pellets und Sackware bundesweit zur Verfügung stehen. Vor allem im Norden und Osten Deutschlands besteht allerdings trotz eines zunehmend dichteren Handelsnetzes noch kein flächendeckendes Angebot. Insgesamt sind die Händlerstrukturen sehr breit gefächert. Knapp die Hälfte aller Pelletlieferanten sind Brennstoffhändler, die zum überwiegenden Teil auch Briketts, Hackschnitzel, Brennholz etc. im Sortiment führen. Die restlichen Lieferanten kommen aus völlig unterschiedlichen Sparten und umfassen Forst- und Landwirtschaftsbetriebe, Raiffeisen-Warengenossenschaften, kleine Händler (z. B. Kachelofenstudios) und den Großhandel (z. B. Baumärkte).

Der Markt für Holzpellets ist nicht so sehr durch **Substitutionsprodukte** gefährdet, sondern dadurch, dass sich Nawaro gegen **klassische (fossile) Energieträger** durchsetzen müssen. Im Wärmemarkt besteht mit etwa 38 Mio. Wohnungen vor allem bei den Privathaushalten – und hier wiederum hauptsächlich bei Ein- und Zweifamilienhäusern – ein großes **Nutzungspotenzial** für Holzpellets. Weitere Nutzungspotenziale bietet der Wärmemarkt des gewerblichen Sektors bzw. die Holzpelletnutzung in KWK-Anlagen (vgl. Skandinavien). Da der Holzpelletpreis wettbewerbsfähig ist, sind potenzielle Nutzer von Holzpellets zur Wärmege-winnung in ausreichendem Maße vorhanden.

## Zusammenfassung der aktuellen Situation auf dem Holzpelletmarkt

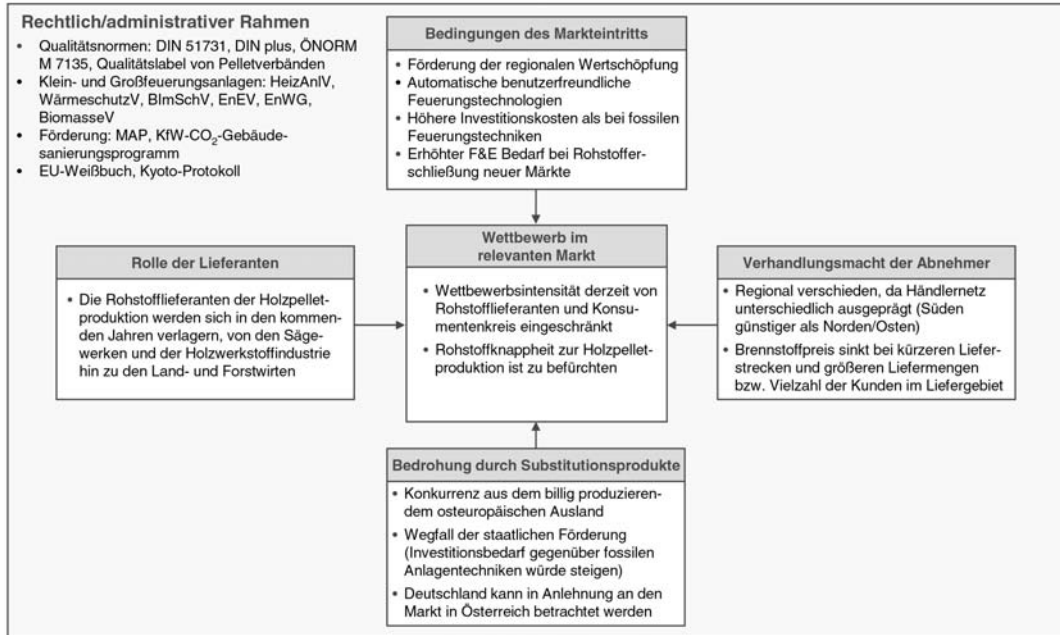


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Holzpelletmarkt

## 4 Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen

Für die Holzpelletnutzung sind **unterschiedliche Feuerungstechnologien** vorhanden, die dem **individuellen Bedarf** – von der Einzelraumheizung bis zur Wärmeversorgung von Mehrfamilienhäusern – **angepasst werden** können. Grundsätzlich werden zwei Arten von Pelletheizungen unterschieden: **Einzelöfen und Zentralheizungskessel**. Einzelöfen bzw. Primäröfen stehen in einem Leistungsbereich von ca. 3 bis 10 kW zur Verfügung und können ein Zimmer, aber auch ein komplettes Niedrigenergiehaus beheizen, wobei sogar die Warmwasserbereitstellung mit einem entsprechenden Wärmeüberträger möglich ist. Zentralheizungsanlagen mit einem Pelletkessel im Keller sind ab 10 kW in jeder Leistungsklasse erhältlich. Beide Pelletheizungssysteme sind optimal mit einer Solaranlage kombinierbar. Pelletheizungsanlagen können, ähnlich Heizungsanlagen auf der Basis fossiler Energieträger, mit modernster Steuer- und Regelungstechnik ausgestattet werden (z. B. von der Außentemperatur abhängige Betriebsweise). Einige Hersteller bieten bereits Niedertemperaturkessel an, die eine gleitende Regelung der Kesseltemperatur (z. B. zwischen 38 und 80 °C) ermöglichen. Der Aschebehälter des Kessels bzw. des Ofens sollte so dimensioniert sein, dass eine Leerung in der Heizperiode frühestens nach zwei Wochen erforderlich wird.

Als Faustregel für den **Preis einer Pelletheizungsanlage** (inkl. Kessel, Brenner, Steuerung, witterungsgeführter Regelung, Heizkreisverteiler und Raumaustragung) gilt: 1 kW kostet rund 650 € (Stand: Mitte 2005). Ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb im Vergleich zu Öl- bzw. Gasheizungen kann nur gewährleistet werden, wenn alle nationalen und regionalen Fördermöglichkeiten ausgeschöpft werden.

Durch **Fördermaßnahmen** des Bundes und der Länder **sinken die Investitionskosten** von Holzpelletheizungen im Vergleich zu mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizungsanlagen. Holzpelletheizungen werden bei Einhaltung der Emissionswerte seit 2004 bis zu einer Leistung von 100 kW mit einem Zuschuss von 60 €/kW Nennwärmeleistung gefördert. Die **bundesweite MAP-Förderung** beträgt mindestens 1.700 €, wenn der Kessel über einen Wirkungsgrad von mindestens 90 % verfügt. Primäröfen mit einem solchen Wirkungsgrad werden mit mindestens 1.000 € gefördert, sofern sie in das Zentralheizungssystem eingebunden sind. Das **CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm** der Bundesregierung stellt zudem zinsgünstige Kredite bei der Altbausanierung für den Aus-

tausch von Öl-, Gas- oder Kohleheizungen sowie von Nachtspeicheröfen zur Verfügung. Darüber hinaus gewähren einige **Bundesländer zusätzliche Zuschüsse**, die mit der MAP-Förderung kombinierbar sind und so eine wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit von Pelletheizungen im Vergleich zu Öl- oder Gasheizungen ermöglichen. So ist es beispielsweise in NRW möglich, im Rahmen der Holzabsatzrichtlinie (HaFö) weitere 55 € je kW installierter Nennwärmeleistung, mindestens jedoch 1.500 €, bei Anlagen mit einem Kesselwirkungsgrad von mindestens 90 %, zu beantragen. Auch Brandenburg, Hessen, Rheinland-Pfalz und Thüringen fördern den Einbau von Pelletheizungen.<sup>2</sup>

Der Preis für Holzpellets in **DIN-plus-Norm-Qualität** belief sich im Frühjahr 2005 auf etwa 180 €/t. Preisbildend wirkt dabei die **Transportdistanz** zwischen Pelletlager/Pelleshändler und Konsument, da bei einer Transportentfernung von mehr als ca. 50 km zusätzliche Transportpauschalen den Lieferpreis erhöhen. Bei der Anlieferung von losen Pellets per Tankwagen fällt eine so genannte **Einblaspauschale** an, die je nach Anbieter in der Höhe differiert.

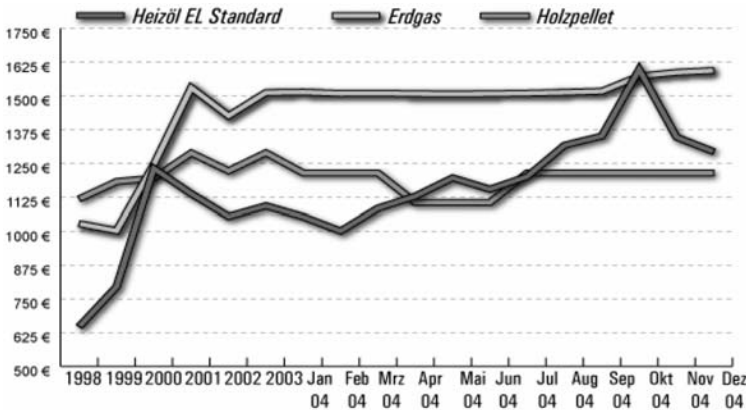


Abbildung: Vergleich von Brennstoffkosten zwischen 1998 und 2004

2 Die vorangegangenen Informationen zu Fördermöglichkeiten beziehen sich auf den Sachstand Mitte 2005 und können künftig Veränderungen unterliegen.

Ein für die Jahre 1998 bis 2004 erstellter **Brennstoffkostenvergleich**, der von einem Bedarf von 3.000 l Heizöl bzw. der vergleichbaren Energiemenge von Holzpellets (ca. 6.100 kg) bzw. Erdgas (33.540 kWh) ausgeht, zeigt, dass Holzpellets insbesondere im Jahr 2004 kaum Preisvariationen im Jahresdurchschnitt aufwiesen und durchaus mit fossilen Brennstoffträgern konkurrieren konnten. Importe von preiswerten Holzpellets aus Osteuropa könnten zukünftig die Brennstoffkosten weiter senken, sofern die Lieferanten der Pellets die von den Kesselherstellern geforderten Qualitätsnormen einhalten. Bei einem **Vollkostenvergleich** (Stand: Mitte 2005), also bei der Berücksichtigung von Investitions-, Betriebs- und Brennstoffkosten, wäre eine Pelletheizung ohne Förderung konkurrenzfähig, wenn der Heizölpreis von 4,5 ct/kWh (Jahresende 2004) auf 5,8 ct/kWh steigen würde.

Qualitätssiegel und DIN-Normen (DIN 51731, DINplus) sichern in Deutschland und die vergleichbare ÖNORM M 7135 in Österreich eine hochwertige Brennstoffqualität der Holzpellets. Im Einzelnen finden u. a. die folgenden **rechtlichen Rahmenbedingungen** bei dem Einsatz von Holzpellets in Feuerungsanlagen in Deutschland Anwendung:

- **Kleinf Feuerungsanlage:** Baurechtliche Genehmigung (Bauordnung, Feuerungsanlagenverordnung), immissionsschutz-rechtliche Anforderung, Energieeinsparverordnung (EnEV), Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnV), Wärmeschutzverordnung (WärmeschutzV),
- **Großfeuerungsanlage:** Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) bei KWK-Nutzung, Biomasse-Verordnung (BiomasseV),
- **EU-Rahmen:** Weißbuch für erneuerbare Energieträger; Weißbuch Energiepolitik, Grünbuch Energieversorgungssicherheit, koordinierter europäischer Biomasse-Aktionsplan, Richtlinie über den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten (u. a. Kyoto-Protokoll),
- **Förderung:** Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien (MAP), KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm.

## 5 SWOT-Analyse

Trotz preiswertem Brennstoff und etablierter Technik sind Holzpellettheizungsanlagen in Deutschland nur bedingt wettbewerbsfähig. Einen zusammenfassenden Überblick der Stärken und Schwächen der Wärmeerzeugung mit Holzpellets sowie zu den Chancen und Risiken des Marktes ist nachfolgend dargestellt.

| Stärken  | Schwächen  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Preiswerter Brennstoff</b> (relativ konstante Preise), unabhängig vom Weltmarktpreis für Öl oder Gas</li> <li>• Deutschlandweite Verfügbarkeit des Rohstoffs unterstützt <b>regionale Wertschöpfung</b></li> <li>• <b>Niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen</b> bei Verbrennung als bei fossilen Energieträgern</li> <li>• Automatisierte Brennstoffnachschubtechnik (Schnecke, Saugleitung etc.) ermöglicht <b>bequemes Heizen</b></li> <li>• <b>Aschenutzung</b> zur Gartendüngung/Kompostierung möglich</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Höherer Betriebsaufwand</b> (Ascheentsorgung alle 1–2 Monate, Reinigung des Wärmeüberträgers) im Vergleich zu Öl-/Gasheizung</li> <li>• <b>Hohe Anschaffungskosten</b> (bei Neubau ist eine Investition in die Wärmedämmung bedeutend günstiger)</li> <li>• <b>Brückenbildung</b> (Verstopfungsgefahr) von (nicht normgerechten) Pellets mit ›Überlänge‹ bei Saugsystemaustragung</li> <li>• <b>Wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit</b> zur Öl-/Gasheizung nur mit Förderzuschüssen möglich (Investitionskosten ca. 33 % höher)</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Zertifizierung der Holzpelletkette</b> vom Anfallort über die Pelletproduktion, Pellethändler, Pelletlieferant und Pelletkessel mit europaweit anerkanntem (DIN)-Label</li> <li>• <b>Kombination Pelletheizung und Solaranlage</b> schafft optimale Wärmeversorgung mit geringen Brennstoffkosten</li> <li>• Austragungssysteme von Holzpellets werden zunehmend ausgereifter. Der <b>Pelletlagerraum</b> muss nicht mehr in unmittelbarer Nähe zum Kessel/Ofen stehen</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marktvolumen an Pelletheizungen übersteigt nationales <b>Brennstoffangebot</b> (Import von Holzpellets ist praktikabel, jedoch wird Ökobilanz gemindert)</li> <li>• Imageverluste beim Kunden durch Import/Vermischung von minderwertigen Pellets mit <b>Qualitätsware</b></li> <li>• <b>Entwicklungspotenzial</b> von Förderprogrammen abhängig</li> <li>• <b>Wertschöpfung</b> in Deutschland sinkt durch erhöhte Pellet-Importware aus dem billiger produzierendem Ausland</li> </ul>  |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Holzpelletheizungsanlagen

## 6 Relevante internationale Erfahrungen

Die Produktion und Nutzung von Holzpellets stellt vor allen in Europa und Nordamerika eine zukunftsträchtige Technik mit Ausbaupotenzial dar. Die Pelletierung von organischen und anorganischen Materialien ist schon seit dem 19. Jahrhundert bekannt und ist damit eine deutlich ältere Technologie als die Ölzentralheizung. Sie ermöglicht die Verringerung von Lager- und Transportvolumen, die Steigerung des Schüttgewichts und die Verbesserung der Lagerfähigkeit.

In den **USA und in Schweden** werden seit den 90er Jahren Holzpellets hergestellt. In Schweden liegt der Schwerpunkt eindeutig beim Einsatz in Heiz- und Heizkraftwerken, in denen Holz- und (deutlich eingeschränkter) Strohpellets anteilig zur Substitution von fossilen Brennstoffen genutzt werden (z. B. Avedore II). Hierbei handelt es sich um Pellets im „Industriestandard“, die nicht mit DIN-Pellets vergleichbar sind. Schweden ist neben **Kanada** einer der weltweit größten Produzenten und Konsumenten von Holzpellets (ca. 900.000 t im Jahr 2004), gefolgt von Dänemark, Österreich und Finnland. Während in Skandinavien Holzpellets vorrangig industriell zur Wärme und/oder Stromerzeugung eingesetzt werden, kommen Pelletheizungsanlagen in Mitteleuropa vor allem im mittleren und kleinen Leistungsbereich zum Einsatz. In der Steiermark (**Österreich**) wurden erstmals im Jahr 1984 Pellets aus getrockneter Rinde hergestellt und für eigens konstruierte Zentralheizungskessel als Brennstoff alternativ zu Briketts eingesetzt. Etwa 3 bis 5 Jahre nach der Markteinführung in Österreich wurden 1999 die ersten Holzpelletheizungen in **Deutschland** installiert und in den Folgejahren etabliert.

In **Südeuropa** (ausgenommen Italien) werden kaum Holzpellets produziert, da nicht genügend Rohstoffquellen vorhanden sind. Allerdings gibt es hier vermehrt Anstrengungen, Brennstoffpellets aus landwirtschaftlichen Reststoffen herzustellen, z. B. aus Olivenpresskuchen. In Spanien und Griechenland sind bereits erste Versuchsanlagen in Betrieb gegangen. Aus **Asien** (Japan, China) und **Australien** sind bisher nur geringe Holzpelletproduktionsmengen bekannt.



## 7 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA): Energie Daten 2003.  
Berlin 2003
- Fischer, J. (DEPV): Pellets in Deutschland – ein dynamischer Wachstumsmarkt.  
Vortrag auf der Clean Energy Power, 26.01.2005, ICC Berlin
- Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Hrsg.: Holzpellets komfortabel,  
effizient, zukunftssicher. Gülzow 2005
- Hartmann, H./Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger –  
Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der Schriften-  
reihe „Nachwachsende Rohstoffe“. Band 3 (vollständige Neubearbeitung),  
Landwirtschaftsverlag Münster 2002
- IER/Prognos AG: Analyse der Wirksamkeit von CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen im  
Energiebereich und ihre Weiterentwicklung. Basel/Stuttgart 2004
- Informationsdienst Holz: Pelletheizungen – Technische und bauliche Anforderungen.  
Holzhandbuch, Reihe 6, Teil 10, Folge 2, im Auftrag des Holzabsatzfonds
- Mantau, U./Keimer, J.: Der Markt für Pellets. Universität Hamburg, im Auftrag des  
Holzabsatzfonds (HAF) und des Verbandes der Deutschen Papierindustrie e. V.  
(VDP), Februar 2004
- Schneider, S.: Potenziale regenerativer Energien in Deutschland in: Hartmann, H./  
Kaltschmitt, M.: Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren  
Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht.  
Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Fachagentur Nachwachsende Roh-  
stoffe (Hrsg.), Landwirtschaftsverlag, Münster, überarbeitete Auflage, 2003

### Websites

- [www.aktion-holzpellets.de](http://www.aktion-holzpellets.de)  
(Landesinitiative Zukunftsenergien NRW)
- [www.brennstoffspiegel.de](http://www.brennstoffspiegel.de)  
(Internetportal zu Branchendaten und Brennstoffpreisen)
- [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de)  
(Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk)
- [www.pelletcentre.de](http://www.pelletcentre.de)  
(Internetportal EU-Projekt „Pellets for Europe“ – ALTENER-Programm)
- [www.rhoen-hessen-forstconsulting.de](http://www.rhoen-hessen-forstconsulting.de)  
(Informationsangebot der Rhön-Hessen-Forstconsulting GbR)
- [www.wv-holzpellets.de](http://www.wv-holzpellets.de)  
(Westerwälder Holzpellets GmbH)

## C Hackgut aus Waldholz

### 1 Zusammenfassung

Bei der Hackgut-Feuerung handelt es um eine **dezentrale energetische Verwertung** von Holz in hauptsächlich ländlichen und walddreichen Regionen. Aufgrund der relativ hohen Transportkosten existieren zahlreiche regionale und lokal ausgerichtete Teilmärkte. Insbesondere in Nord- und Ostdeutschland ist die Händlerdichte für Hackgut jedoch sehr gering. Im Vergleich zu Pelletheizungen ist der **Markt** für Hackgut-Feuerungen im kleinen Leistungsbereich in den zurückliegenden Jahren nur langsam gewachsen (bzw. stagnierte z. T.), da sie einen geringeren Automatisierungsgrad besitzen und einen größeren Brennstofflagerraum benötigen. Bei einem Zukauf von Brennstoff ist bei einer rein betriebswirtschaftlichen Analyse eine Förderung aufgrund hoher Anlageninvestitionen notwendig. Mit den deutlich gestiegenen Öl- und Gaspreisen in der jüngeren Vergangenheit ist entgegen dem Trend der letzten Jahre wieder eine deutliche Zunahme der Nutzung von Hackgut zu Wärmezwecken zu beobachten.

Im Mittel waren die **Preise** für Hackgut in den vergangenen Jahren **konstant** und lagen für Produkte mit 35 % Wassergehalt und einem Lieferweg von ca. 20 km bei 45 bis 55 €/t. Es gibt ca. 35 bis 50 Anbieter von Hackgut-Heizungsanlagen in Deutschland, die teilweise nur als Vertriebspartner für Anlagenbauer aus dem Ausland tätig sind. Landesweit existieren ca. 15.000 Hackgut-Zentralheizungen.

Bundesweit gibt es ca. 160 Brennstofflieferanten, die stark auf den **regionalen Markt** fixiert sind. Ca. 100 Händler sind in Bayern, Baden-Württemberg und NRW ansässig. In Bayern befinden sich auch mehr als die Hälfte der deutschen Hackgutanlagen. Zum Teil besteht eine **Konkurrenz** zur stofflichen Nutzung, da Waldholz auch in der Holzwerkstoffindustrie sowie in der Zellstoffindustrie eingesetzt wird. Das Produkt Waldholz kann nur durch gleichwertige Hölzer, jedoch nicht durch andere Energieträger wie Heizöl oder Erdgas ersetzt werden. Aufgrund der hohen Transportkosten findet bisher kein internationaler Wettbewerb statt.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Hackgut  |
|---|--|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absatz: zwischen 0,75 und 1,3 Mio. t/a</li> <li>• Marktwert: zwischen 34 und 72 Mio. €</li> </ul>   |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei günstigen fossilen Brennstoffpreisen (z.B. Rohölpreis &lt; 40 US\$/Barrel) stagniert der Markt.</li> <li>• Wachstum findet beim Wettbewerbsprodukt Holzpellet-Heizungsanlagen statt.</li> </ul>   |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einträgliche Nebenerwerbsquelle. Hoher Anteil an Eigenbedarf-Nutzung</li> <li>• Das Einkommenspotenzial liegt bei einem Markturnsatz von etwa 53 Mio. €</li> </ul>  |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke regionale Bindung der Produzenten aufgrund regionaler Märkte und hoher Transportkosten</li> <li>• Geschlossener Markt, keine Gefahr durch Anbieter aus dem Ausland</li> </ul>  |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absatzrückgang durch nutzerfreundlicheres Wettbewerbsprodukt Holzpellets</li> <li>• Sinkender Weltmarktpreis für Rohöl</li> </ul>   |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen z. B. gegenüber Heizöl (5 t/a) und Erdgas (2,5 t/a) beim Einfamilienhaus</li> <li>• Neben Waldholz wird Hackgut aus Rest-, Alt- und Landschaftspflegeholz produziert</li> <li>• Geringe Umweltwirkungen bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung</li> </ul> |

Abbildung: Marktindikatoren im Bereich Wärmeerzeugung mit Hackgut

Der **Markt** für Hackgut-Heizungsanlagen **wächst nur langsam bzw. stagniert** im Gegensatz zum Markt für das Konkurrenzprodukt Holzpellettheizungsanlagen u. a. auf Grund der höheren Benutzerfreundlichkeit von Pellekesseln. Weitere Gründe für das geringe Marktwachstum sind v. a. hohe Investitionskosten, eine geringe Händlerdichte sowie das konservative Verhalten der Konsumenten, die gewohnheitsmäßig an fossilen Energieträgern festhalten. Bei den heutigen Randbedingungen ist **kein signifikantes Marktwachstum bis 2010/2020** zu erwarten. Eine hiervon abweichende Entwicklung mit Wachstumsimpulsen über einen längerfristigen Zeitraum wäre dann zu erwarten, wenn das Energiepreisniveau für fossile Energieträger (z. B. Rohölpreis > 40 US \$/Barrel) nachhaltig auf hohem Niveau bleiben würde.

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Bei Hackgut handelt es sich um maschinell zerkleinertes Waldholz mit einer Kantenlänge von max. 25 cm Länge. Für den Einsatz in Kleinst- und Kleinf Feuerungsanlagen eignet sich nur „Feinhackgut“ mit maximal 8,5 cm Länge und einem Querschnitt von maximal 3 cm<sup>2</sup>. Der Energiegehalt beträgt je nach Feuchtigkeit 2 bis 4,5 kWh/kg. Grobe Verunreinigungen wie Steine, Metallteile und sonstige Fremdkörper sowie brennbare Fremdstoffe sind nicht zulässig.

Bei der Markt Betrachtung spielt es keine Rolle, ob das Waldholz direkt im Wald geschlagen und gehackt wird, oder ob das Holz zunächst ins Sägewerk oder in einen anderen Betrieb der Holzbe- und -verarbeitung transportiert und dort gehackt wird (meist als Industrierestholz bezeichnet). Anschließend wird das Hackgut zur Feuerungsanlage transportiert. Das Material ist grundsätzlich das gleiche und der jeweilige Weg wird nur aufgrund ökonomischer Überlegungen gewählt.

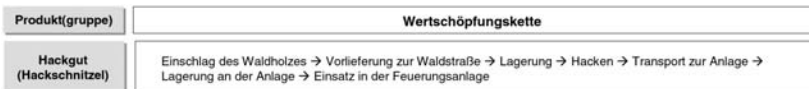


Abbildung: Wertschöpfungskette Hackgut aus Waldholz

Als **Rohstoffe für die Herstellung von Hackgut** wird primär minderwertiges Holz, das nur eingeschränkt einer stofflichen Nutzung zugeführt werden kann, verwendet. Dies kann beispielsweise Holz aus Durchforstungsmaßnahmen (z. B. Schwachholz) oder Waldrestholz sein, z. T. wird aber auch minderwertiges Stammholz eingesetzt. Die Bereitstellung des Holzes erfolgt mit den in der Forstwirtschaft üblichen Techniken und Verfahren, die einen sehr unterschiedlichen Mechanisierungsgrad aufweisen. Da frisch geschlagenes Holz eine hohe Feuchtigkeit hat, ist eine Lagerung zur Erhöhung des Energiegehalts bzw. zur Reduktion des Feuchtgehalts zwingend notwendig.

Schlüsseltechnologie für die Hackgutbereitstellung ist die **Hackertechnologie**, wobei das Holz mithilfe scharfer Werkzeuge – z. B. Scheibenhacker, Trommelhacker oder Spiralhacker – zerkleinert wird. Neben diesem Verfahren können auch Holzschredder zum Einsatz kommen.




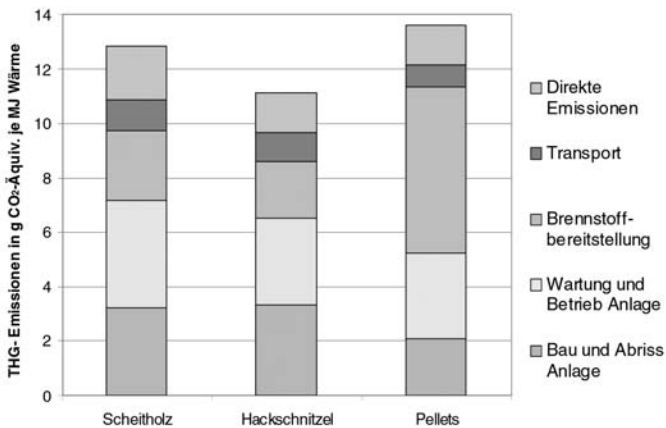
| Bauart  | Schneidwerkzeug  | Einzugsart   | max. Holzstärke in mm | Hacklänge in mm          | Kraftbedarf in kW | max. Leistung in m³/h |
|---|--|--|-----------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|
|  <p><b>Scheibenhacker</b></p>    | 1–4 Messer   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ohne Zwangseinzug</li> <li>• 1–3 Walzen</li> </ul>  | 100–300               | 4–80 (meist einstellbar) | 8–105             | 2–60                  |
|  <p><b>Trommelhacker</b></p>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2–8 durchgehende Messer</li> <li>• 3–20 Einzelmesser</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Walzen</li> <li>• Walze und Stahlgliederband</li> <li>• 2 Stahlgliederbänder</li> </ul> | 180–450               | 5–80 (meist einstellbar) | 45–325            | 15–100                |
|  <p><b>Schneckenhacker</b></p> | Schneckenwindung   | • selbststeinziehend   | 160–270               | 20–80 je nach Schnecke   | 30–130            | 5–40                  |

Abbildung: Hackertechnologie

### Ökologische Bewertung der Nutzung von Hackschnitzeln

- Das bei der Verbrennung von Waldholz freigesetzte CO<sub>2</sub> gilt als weit gehend klimaneutral, da es beim Wachstum der Pflanze der Atmosphäre entzogen wurde, wenn eine nachhaltige Forstwirtschaft unterstellt wird.

- Bei der **Lagerung** kann es zu Geruchsemissionen kommen.
- Bei **älteren Feuerungsanlagen** kann es beim An- und Abfahren sowie bei Teillast zu Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen kommen, die den typischen Holzgeruch verursachen. Mit der modernen Anlagentechnologie ist dies jedoch vermeidbar.
- Die verbrennungsbedingten **Staubemissionen** von Holz können höher sein als die von Heizöl.



| Emissionen verschiedener Brennstoffe:        |   |  |
|--|---|--|
| Erdgas                                       | Heizöl  | Hackschnitzel                                |
| ca. 72 g CO <sub>2</sub> -Äquiv. je MJ Wärme | ca. 100 g CO <sub>2</sub> -Äquiv. je MJ Wärme | ca. 11 g CO <sub>2</sub> -Äquiv. je MJ Wärme |
| ca. 0,009 g Staub je kWh Wärme               | ca. 0,031 g Staub je kWh Wärme                | ca. 0,266 g Staub je kWh Wärme               |

Abbildung: Emissionen von Hackschnitzeln im Vergleich mit anderen Brennstoffen

### 3 Analyse des Marktes

Die **Nachfrage** zur **energetischen Nutzung** von Waldholz erfolgt hauptsächlich **dezentral** in ländlichen und walddreichen Regionen, so z. B. in Süddeutschland. Der Rohstoff „Hackgut“ wird in Deutschland von Land- und Forstwirten für den Eigenbedarf oder von Privatpersonen für die Endenergie-Bereitstellung verwendet. Die Brennstoffmärkte sind daher meist **lokaler** Art und funktionieren im Regelfall auf der informellen Ebene; überregionale Brennstoffmärkte sind bisher meist nicht vorhanden.

Für die Anlagen-Belieferung existiert deshalb eine überregionale Händlerstruktur, die von österreichischen Anbietern dominiert wird. In den alten Bundesländern werden ungefähr 70 % des Hackgutbedarfs über Forstämter oder von Privatanbietern bezogen, während in den neuen Bundesländern ungefähr 50 % des Hackgutbedarfs über Baumärkte oder den Brennstoffhandel bezogen werden. Als weitere Lieferanten treten Schreinereien und Sägereien auf. Insbesondere in Nord- und Ostdeutschland besteht für Hackgut nur eine geringe Händlerdichte im ansonsten lokal geprägten Markt. Die **Lieferanten** haben einen festen Kundenstamm, da eine Substitution nur durch holzartige Ersatzprodukte wie unbelastetes Altholz und Industrieholz möglich ist und aufgrund der geringen Händlerdichte kaum Ersatzlieferanten vorhanden sind. Nur einige Feuerungsanlagen ermöglichen konstruktionsbedingt auch die Verfeuerung flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe. Teilweise besteht eine **Konkurrenz** zur stofflichen Nutzung, da die für energetische Zwecke potenziell nutzbaren Waldholzsortimente (insbesondere Nadelholz) auch in der Holzwerkstoffindustrie sowie in der Zellstoffindustrie verwendet werden können. Im Allgemeinen sind jedoch beide Märkte entkoppelt.

Die **Wettbewerbssituation** stellt sich in Deutschland wie folgt dar:

- Es gibt ca. 160 **Brennstoffproduzenten** für Hackgut, von denen ca. 100 in den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg und NRW ansässig sind, während in Nord- und Ostdeutschland kaum Anbieter vertreten sind. Aufgrund der regionaler Märkte und der hohen Transportkosten besteht eine starke regionale Bindung der Produzenten.
- Es existiert ein bundesweites Netz von **Anlagenplanern und -anbietern**, die jedoch insbesondere in Nord- und Ostdeutschland nur bedingt auf den Vertrieb bzw. die Installation von Hackgutfeuerungen spezialisiert sind, so dass hier entsprechende Defizite bestehen.

- In Deutschland gibt es ca. 35 bis 50 **Hersteller** von Hackgutkesseln (teilweise nur im Vertrieb tätig).
- Der **Anlagenbetrieb** erfolgt hauptsächlich zur privaten oder zur kommunalen Nutzung. Die Anzahl der Hackgutkessel betrug 2002 ca. 15.000 Anlagen, davon ca. 9.000 in Bayern.

Der **Markt** für Hackgut-Kleinfeuerungsanlagen **stagniert bzw. wächst nur langsam**, da Holzpelletfeuerungen einen höheren Bedienungskomfort und einen wartungsarmen vollautomatischen Betrieb gewährleisten. Das Marktvolumen von 0,75 bis 1,3 Mio. t im Jahr 2002 entspricht bei Brennstoffpreisen von ca. 45 bis 55 €/t (35 % Wassergehalt, 20 km Transportweg) einem Marktwert von ca. 33,7 bis 71,5 Mio. € p. a.

Eine hiervon abweichende Entwicklung mit Wachstumsimpulsen über einen längerfristigen Zeitraum wäre dann zu erwarten, wenn das Energiepreisniveau für fossile Energieträger (z. B. Rohölpreis > 40 US \$/Barrel) nachhaltig auf hohem Niveau bleiben würde.

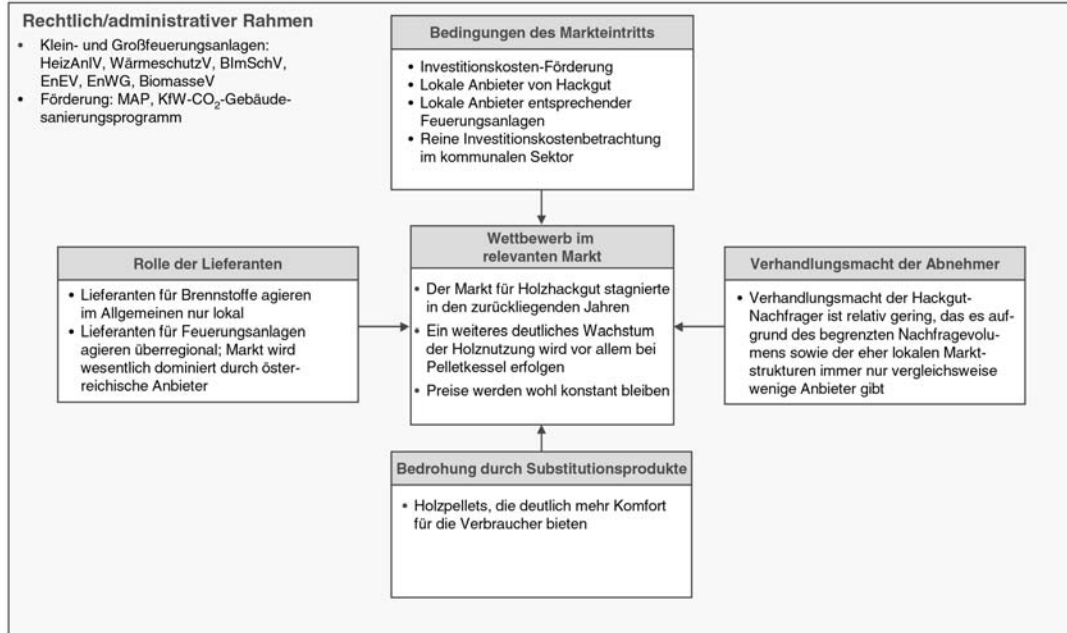
Der Hackgut-Markt ist in preislicher Hinsicht weniger durch **Substitutionsprodukte** gefährdet, als vielmehr dadurch, dass sich nachwachsende Rohstoffe gegen klassische Energieträger durchsetzen müssen. Die Brennstoffkosten von Hackgut betragen weniger als die Hälfte von Heizöl und zeigen einen deutlichen Kostenvorteil gegenüber Holzpellets. Nachteilig wirken sich die hohen Investitionskosten aus, die doppelt so hoch veranschlagt werden können wie die Investitionskosten einer Ölheizung. Im Wärmemarkt besteht vor allem bei Privathaushalten – und hier wiederum hauptsächlich bei Ein- und Zweifamilienhäusern – ein großes Marktpotenzial. Daneben bestehen Nutzungspotenziale im Wärmemarkt des gewerblichen Sektors.

Das technisch verfügbare Brennstoffpotenzial von Hackgut in Deutschland beträgt insgesamt 24,9 Mio.  $t_{\text{atro}}$  (461 PJ/a). Dabei handelt es sich um das physikalische Angebot an Waldholz (ohne nutzungsbedingte Beschränkungen einer Region innerhalb eines bestimmten Zeitraums), das unter Berücksichtigung der gegebenen technischen, strukturellen und ökologischen Restriktionen und gesetzlichen Vorgaben nutzbar ist. Der Einschlag von bereits genutztem Brennholz, Waldrestholz und Nichtderbholz beläuft sich inkl. nicht-thermischer Verwendung auf 7,5 Mio.  $t_{\text{atro}}$  (139 PJ/a). Der ungenutzte Zuwachs liegt somit bei 17,4 Mio.  $t_{\text{atro}}$  (322 PJ/a). Auch in dem **Zeitraumen bis 2010/2020** wird der Markt für Hackgutheizungsanlagen durch einen Wettbewerb mit Holz-



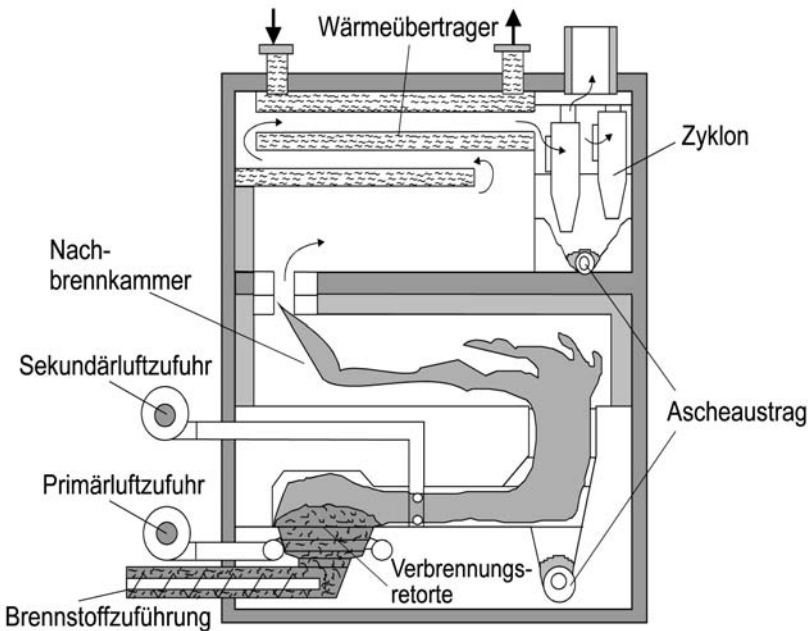
pelletsanlagen gekennzeichnet sein. Ein Schrumpfen des Marktes ist aber nicht zu erwarten, da der Brennstoffpreis von Hackschnitzeln günstiger ist als der von Holzpellets und eine „Selbstwerbung“ des Brennstoffs für eine begrenzte Anzahl von Konsumenten möglich ist.

## Zusammenfassung der aktuellen Situation auf dem Markt für Holzhackgut



#### 4 Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen

Die **Wärmeerzeugung** aus Hackgut erfolgt in **automatisch beschickten Feuerungsanlagen**, die mit sehr unterschiedlichen Feuerungstechniken, z. B. der emissionsarmen Unterschubfeuerung, und unterschiedlichen thermischen Leistungen auf dem Markt verfügbar sind. Der überwiegende Anteil der nachgefragten thermischen Leistung liegt im Bereich unter 50 kW Feuerungswärmeleistung.



Quelle: Kaltschmitt, M./Hartmann, H.: *Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 2001

Abbildung: Unterschubfeuerung als Beispiel für eine Hackgutfeuerung

Die **Investitionskosten** für einen Hackgutkessel für Anlagen mit 20 bis 60 kW, inkl. Bauteile für automatische Beschickung und Austrag aus dem Hackgutlager, liegen bei 335 bis 530 €/kW. Zusätzliche Kosten verursachen ggf. Komponenten wie Wärmespeicher, Installation, Brennstofflager. Die **Brennstoffkosten** für Hackschnitzel (35 % Wassergehalt, 20 km Transportweg) lagen im Mittel der letzten Jahre bei 45 bis 55 €/t. Leider scheitert die Installation von Hackgut-Feuerungsanlagen vor allem im kommunalen Bereich (z. B. Schulen) häufig an dem Mangel einer vergleichenden Investitions- und Betriebskosten-Rechnung.

| Energieträgerpreise (Mittelwert 2004) |          |                           |                    |
|---------------------------------------|----------|---------------------------|--------------------|
| Stückholz                             | Hackgut* | Holzpellets**<br>[ct/kWh] | Heizöl<br>[ct/kWh] |
| 3,0                                   | 1,5      | 4,0                       | ca. 4,1            |

\*Wassergehalt 35 %, Umkreis 20 km

\*\*5 t, Umkreis 20 km

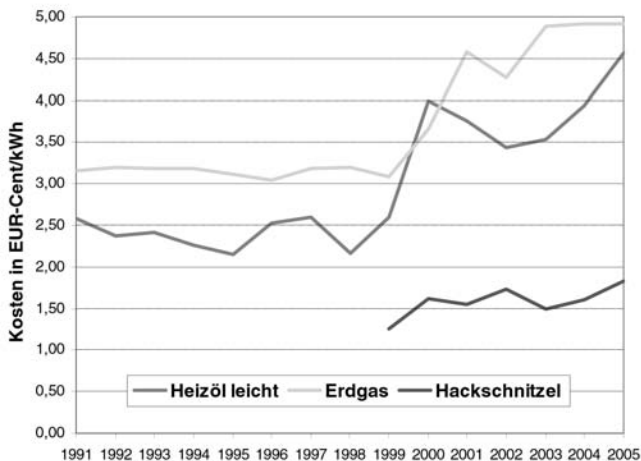


Abbildung: Brennstoffpreise für Hackgut im Vergleich zu Stückholz, Holzpellets und Heizöl

Die Wärmebereitstellung aus Waldholz ist trotz relativ günstiger **Brennstoffkosten** auf eine Förderung angewiesen, um die hohen Investitionskosten auszugleichen. So können beim Einsatz von Hackgut Investitionskostenzuschüsse für Neuanlageninstallationen bis 100 kW durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) sowie durch regionale **Förderprogramme** (z. B. Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien – MAP, KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm) beantragt werden.<sup>3</sup>

| automatisch-beschickte Anlage   | Handbeschickte Anlage |
|---|-----------------------|
| mind. 88 % Kesselwirkungsgrad<br>Grenzwerte für CO- und Staubemissionen |                       |
| 8–100 kW  | 15–100 kW             |
| 60 €/kW   | 50 €/kW               |
| ab 90 % Kesselwirkungsgrad  |                       |
| mind. 1.700 €   | mind. 1.500 €         |

Abbildung: Investitionskostenförderung (BAFA) für Hackgut-Feuerungsanlagen

In Deutschland besteht die einzige **Qualitätsvorgabe** für Hackgut darin, dass es sich um naturbelassenes Holz handeln muss. Es existiert bisher keine DIN-Norm für Hackgut. In Österreich gilt die ÖNORM M 7133 „Holzhackgut für energetische Zwecke – Anforderungen und Prüfbestimmungen“.

Daneben bestehen u. a. folgende gesetzliche **Rahmenbedingungen** beim Einsatz von Hackgut zur Wärmebereitstellung in Deutschland:

- **Kleinf Feuerungsanlagen:** Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (1. BImSchV – Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen); Bauordnung, Feuerungsanlagenverordnung, Energieeinspar-Verordnung (EnEV), Heizungsanlagen-Verordnung (Heiz-AnlV), Wärmeschutzverordnung (WärmeschutzV),

3 Stand: Mitte 2005. Aktuelle Informationen zu Fördermitteln unter [www.bafa.de](http://www.bafa.de)

- **Großfeuerungsanlagen:** Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) bei zukünftiger KWK-Nutzung,
- Biomasse-Verordnung (BiomasseV),
- **EU-Richtlinien:** Weißbuch für erneuerbare Energieträger; Weißbuch Energiepolitik, Grünbuch Energieversorgungssicherheit, koordinierter europäischer Biomasse-Aktionsplan, Richtlinie über den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten (u. a. Kyoto-Protokoll).

Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung kleiner 1 MW sind nicht genehmigungspflichtig, müssen aber die 1. BImSchV erfüllen. Brennstoffe müssen aus naturbelassenem Holz sein.

## **5 SWOT-Analyse**

Einen zusammenfassenden Überblick der Stärken und Schwächen der Wärmeerzeugung mit Hackgut in Deutschland sowie zu den Chancen und Risiken des Marktes ist nachfolgend dargestellt.

| Stärken  | Schwächen   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Brennstoffkosten, unabhängig vom Weltmarktpreis für Öl oder Gas (deutlich niedrigere Brennstoffkosten ggü. Konkurrenz Brennstoffen, z. B. mehr als 50% unter Heizölpreis)</li> <li>• Hoher Wirkungsgrad, wartungsarmer Betrieb</li> <li>• Deutlich niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Verbrennung als Erdgas und Heizöl.</li> </ul> <p><b>Hackgut-Feuerungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer Bedienungsaufwand, vollautomatischer Betrieb, vollautomatische Entaschung möglich (ansonsten ein- bis zweimal die Woche)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ hoher Brennstofflagerraumbedarf</li> <li>• Keine einheitliche Brennstoffqualität und funktionierende Versorgungsstruktur</li> <li>• Höhere Staub-Emissionen gegenüber fossilen Brennstoffen</li> </ul> <p><b>Hackgut-Feuerungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Z. T. regional geringe Händlerdichte (Verfügbarkeit)</li> <li>• Hohe Anschaffungskosten</li> <li>• Geringer Komfort, da wartungsintensiver Betrieb, durch unterschiedliche Brennstoffqualität</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutschlandweite Verfügbarkeit des Rohstoffs unterstützt regionale Wertschöpfung</li> <li>• Hohe ungenutzte Brennstoffpotenziale</li> <li>• Kombination Holzcentralheizung und Solaranlage schafft eine umweltfreundliche Wärmeversorgung mit geringen Brennstoffkosten</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilweise geringe regionale Händler- und kompetente Heizungsanlagenbauerdichte</li> <li>• Brennstoffpreisteigerungen durch Nachfrageerhöhung möglich</li> <li>• Wegfall der Investitionskosten-Förderung</li> <li>• Substitution durch komfortablere Pelletheizung</li> </ul>  |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Hackgut zur Wärmeerzeugung (Stand: Mitte 2005)

## 6 Relevante internationale Erfahrungen

In **Österreich** werden deutlich mehr Holzheizungen als in Deutschland betrieben. Bereits heute können ca. 500.000 Holzzentralheizungen einen Anteil von etwa 15 % an der Wärmegewinnung in Österreich bereitstellen. Der Höchststand wurde bereits 1990 mit ca. 600.000 Anlagen (21 %) erreicht. In den letzten Jahren ist jedoch auch in Österreich eine Stagnation bei Scheitholz- und Hackgutkesseln zu verzeichnen, während der Einsatz von Holzpelletkesseln aufgrund der technologischen Entwicklung (z. B. Verbesserung des Wirkungsgrades sowie erhöhte Qualität der Ausführung und besserer Bedienungskomfort) wächst. Für eine weitere Marktdurchdringung ist jedoch ebenso wie in Deutschland neben einer Investitionskostenförderung eine ausgereifte Technik notwendig.

## 7 Quellenverzeichnis

### Literatur

- ASUE – Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V.: Pressegrafiken – Staubemissionen und ihre Quellen. Kaiserslautern 2005
- BAFA – Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vom 26. November 2003. Bundesanzeiger Nr. 234, Eschborn 2003
- BMWA – Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit: Energiedaten – Nationale und Internationale Entwicklung, Berlin 2005
- C.A.R.M.E.N. – Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e. V.: Heizen mit Scheitholz und Holzhackschnitzeln, Holz – ein umweltschonender Brennstoff wird wieder entdeckt. Straubing 2002
- C.A.R.M.E.N. – Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e. V.: Preisentwicklung bei Holzhackschnitzeln. Straubing 2005
- DIN CEN/TS 14588 Feste Biobrennstoffe – Terminologie, Definitionen und Beschreibungen. Deutsche Fassung (Vornorm), Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin 2003
- E.V.A. – Energieverwertungsagentur Österreich: Energie in Zahlen – Wärme aus Biomasse. Wien 2003
- FNR – Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e. V.: Handbuch Bioenergie Kleinanlagen. Gülzow 2003
- Kaltschmitt, M./Hartmann, H.: Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 2001



- Kaltschmitt, M./Merten, D./Fröhlich, N./Nill, M.: Energiegewinnung aus Biomasse. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 „Welt im Wandel: Energiegewende zur Nachhaltigkeit“, Berlin/Heidelberg 2003
- LWF – Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: Merkblatt Nr. 12 – Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung, Freising 2003
- Langer, Riebling/Tennagels: Auswertung der Fragebogenaktion zu automatisch beschickten Holzfeuerungsanlagen. LFV – Landesforstverwaltung NRW, Referat II-1, Bonn 2005
- Merten, D. u. a.: Wärmegewinnung aus Biomasse – Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig 2004
- Rheinbraun Brennstoff GmbH : Analyse der aktuellen Marktsituation bei Festbrennstoffen (Braunkohle, Steinkohle, Holz)
- Uth, J.: Marktübersicht – Scheitholzvergaserkessel, Scheitholz-Pellet-Kombinationskessel. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow 2004

## D Stückholz aus Waldholz

### 1 Zusammenfassung

Bei der Stückholz-Feuerung handelt es sich um eine **dezentrale energetische Verwertung** von Holz, in hauptsächlich ländlichen und waldreichen Regionen. Aufgrund der relativ hohen Transportkosten existieren zahlreiche regionale Teilmärkte. Gegenüber Pelletheizungen **zeigt der Markt** für Stückholz-Feuerungen ähnlich wie der für Hackgut-Feuerungen in den zurückliegenden Jahren **nur ein geringes Wachstum bzw. eine weit gehende Stagnation**, da derartige Anlagen einen geringeren Automatisierungsgrad besitzen und einen größeren Brennstofflagerraum benötigen. Bei einem Zukauf von Brennstoff ist bei einer rein betriebswirtschaftlichen Analyse eine Förderung notwendig aufgrund hoher Anlageninvestitionen und der relativ hohen Brennstoffpreise auf dem freien Markt. Mit den deutlich gestiegenen Öl- und Gaspreisen in der jüngeren Vergangenheit ist entgegen dem Trend der letzten Jahre wieder eine deutliche Zunahme der Nutzung von Stückholz zu Wärmezwecken zu beobachten.

Im Mittel waren die **Preise** für Stückholz in den vergangenen Jahren **konstant** und lagen bei ca. 90 €/t bzw. 55 €/rm. In Deutschland gibt es ca. 35 bis 50 Anbieter von Stückholzkesseln und Stückholzvergaserkesseln, die teilweise nur im Vertrieb tätig sind sowie ca. 320 Brennstofflieferanten. Bundesweit existieren ca. 7 Mio. Einzelfeuerungsstätten, z. B. Kamine, Kaminöfen und Kachelöfen, die als Zusatzheizungen verwendet werden und vorrangig Stückholz einsetzen.

Stückholz kann über **Land- und Forstbetriebe**, Brennstoffhändler, den Großhandel (z. B. Baumärkte) sowie über so genannte Biomassenhöfe bezogen werden. Stückholz wird zu ca. 50 % durch „Selbstwerbung“ bereitgestellt, d. h. der Verbraucher ist selber Waldbesitzer oder bezieht das Holz über andere nicht-gewerbliche Wege. Das Produkt „Waldholz“ kann nur durch andere Hölzer, jedoch nicht durch andere Energieträger, wie Heizöl, Erdgas ersetzt werden.

Bis 2010/2020 ist **kein signifikantes Marktwachstum** zu erwarten, wenn wieder eine Beruhigung bei den Energiepreisen eintritt. Tendenzi-

ell ist sogar davon auszugehen, dass der Markt infolge der Konkurrenz zu Anlagen mit einem höheren Bedienkomfort (z. B. Pelletfeuerungen) und veränderten emissionsrechtlichen Anforderungen (vor allem Feinstaub) eher zurückgehen wird. Eine hiervon abweichende Entwicklung mit Wachstumsimpulsen über einen längerfristigen Zeitraum wäre dann zu erwarten, wenn das Energiepreisniveau für fossile Energieträger (z. B. Rohölpreis > 40 US \$/Barrel) nachhaltig auf hohem Niveau bleiben würde.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Stückholz  |
|---|--|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absatz: 0,98–1,25 Mio. t</li> <li>• Marktwert: 88–113 Mio. €</li> </ul>   |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei günstigen fossilen Brennstoffpreisen (z.B. Rohölpreis &lt; 40 US\$/Barrel) stagniert der Markt</li> <li>• Wachstum findet beim Wettbewerbsprodukt Holzpellets statt</li> </ul>  |
| Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einträgliche Nebenerwerbsquelle; trotzdem werden ca. 50 % der Holz mengen in »Selbstwerbung« bereitgestellt</li> <li>• Das Einkommenspotenzial liegt bei etwa 50 Mio. €</li> </ul>  |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke regionale Bindung der Produzenten aufgrund regionaler Märkte und hoher Transportkosten</li> <li>• Geschlossener Markt, keine Gefahr durch Billiganbieter aus dem Ausland</li> </ul>  |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilweise geringe regionale Händler- und kompetente Heizungsanlagenbauerdichte</li> <li>• Kürzung oder Wegfall der Anlagenförderung</li> <li>• Eingeschränkte Akzeptanz durch hohen Bedienungsaufwand</li> </ul>  |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen z. B. gegenüber Heizöl (5 t/a) und Erdgas (2,5 t/a) beim Einfamilienhaus</li> <li>• Neben Waldholz wird Stückholz aus Rest-, Alt- und Landschaftspflegeholz produziert</li> <li>• Geringe Umweltwirkungen bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung</li> </ul> |

Abbildung: Marktindikatoren im Bereich Wärmeerzeugung mit Stückholz

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Stückholz (Scheitholz) entsteht durch grobes Spalten von Baumstämmen, wobei Schwarten aus dem Restholzbereich auch als Stückholz bezeichnet werden.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Produkt(gruppe)               | <b>Wertschöpfungskette</b>   |
| <b>Stückholz (Scheitholz)</b> | Einschlag des Waldholzes → Vorlieferung zur Waldstraße → Lagerung → Spalten → Transport zur Anlage → Lagerung an der Anlage → Einsatz in der Feuerungsanlage |

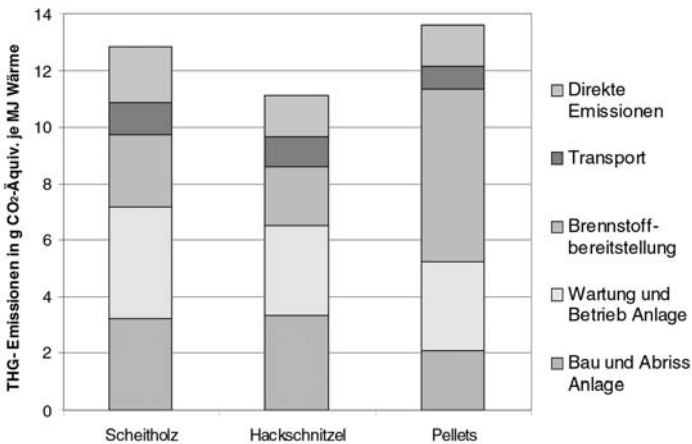
Abbildung: Wertschöpfungskette Stückholz

Als **Rohstoff** für die Herstellung von Stückholz wird primär minderwertiges Holz, das nur eingeschränkt einer stofflichen Nutzung zugeführt werden kann, verwendet. Dies kann beispielsweise Waldrestholz sein, z. T. wird aber auch minderwertiges Stammholz eingesetzt. Die **Bereitstellung** des Holzes erfolgt mit den in der Forstwirtschaft üblichen Techniken und Verfahren in einem sehr unterschiedlichen Mechanisierungsgrad. Da frisch geschlagenes Holz eine hohe Feuchtigkeit hat, ist eine Lagerung zur Erhöhung des Energiegehalts bzw. zur Reduktion des Feuchtgehalts zwingend notwendig. Stückholz kann auch vom Endverbraucher selbst „geworben“ werden, indem dieser die Bereitstellung und Zerkleinerung selbst übernimmt.

### Ökologische Bewertung der Nutzung von Scheitholz

- Das bei der Verbrennung von Waldholz freigesetzte CO<sub>2</sub> gilt als weit gehend **klimaneutral**, da es beim Wachstum des Baumes der Atmosphäre entzogen wurde, wenn eine nachhaltige Forstwirtschaft unterstellt wird.
- Holz ist **regional verfügbar**, so dass sich die Anzahl der Brennstoff-Transporte verringert und sich die Transportwege verkürzen.
- Die Nutzung von Holz reduziert die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen, verlagert die **Wertschöpfung** in die Region und bietet eine weitere Einnahmequelle für Land- und Forstwirte.

- Bei **älteren Feuerungsanlagen** kann es beim An- und Abfahren sowie bei Teillast zu Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen kommen, die den typischen Holzgeruch verursachen. Mit der modernen Anlagentechnologie ist dies jedoch vermeidbar.
- Die verbrennungsbedingten **Staubemissionen** von Holz können größer sein als die von Heizöl.



| Emissionen verschiedener Brennstoffe:        |   |  |
|--|---|--|
| Erdgas                                       | Heizöl  | Stück- (Scheitholz)                          |
| ca. 72 g CO <sub>2</sub> -Äquiv. je MJ Wärme | ca. 100 g CO <sub>2</sub> -Äquiv. je MJ Wärme | ca. 11 g CO <sub>2</sub> -Äquiv. je MJ Wärme |
| ca. 0,009 g Staub je kWh Wärme               | ca. 0,031 g Staub je kWh Wärme                | ca. 0,266 g Staub je kWh Wärme               |

Abbildung: Emissionen von Scheitholz im Vergleich mit anderen Brennstoffen

### 3 Analyse des Marktes

Die Nachfrage zur **energetische Nutzung** von Waldholz erfolgt hauptsächlich **dezentral** in ländlichen und waldreichen Regionen, so z. B. in Süddeutschland. Der Rohstoff „Stückholz“ wird in Deutschland von Land- und Forstwirten für den Eigenbedarf oder von Privatpersonen für die Endenergie-Bereitstellung verwendet. Die Brennstoffmärkte sind daher meist **lokaler** Art und funktionieren im Regelfall auf der informellen Ebene; überregionale Brennstoffmärkte sind meist nicht vorhanden. Stückholz kann auch vom Abnehmer durch „Selbstwerbung“ bereitgestellt werden, wovon ca. 50 % der energetisch genutzten Holzmenge betroffen sind.

In den alten Bundesländern werden ungefähr 70 % des Stückholz-Bedarfs über Forstämter oder von Privat Anbietern bezogen, während in den neuen Bundesländern ungefähr 50 % der Nachfrage über Baumärkte oder den Brennstoffhandel beschafft werden. Als weitere Lieferanten treten Schreinereien und Sägewerke auf; z. T. besteht nur eine geringe Händlerdichte. Die Stückholzbereitstellung stellt für **Land- und Forstwirte** eine Nebenerwerbsquelle dar und bedeutet für den Großhandel eine Erweiterung der Produktpalette. Es ist zu beobachten, dass sich Unternehmen auf den alleinigen Vertrieb von Brennholz spezialisieren.

Das Produkt „Stückholz“ kann in den üblichen Feuerungsanlagen nur durch andere Hölzer, jedoch nicht durch fossile Energieträger wie Heizöl oder Erdgas ersetzt werden. Nur einige wenige marktgängige Feuerungsanlagen ermöglichen konstruktionsbedingt auch die Verfeuerung flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe. Teilweise besteht eine **Konkurrenz** zur stofflichen Nutzung, da die für energetische Zwecke potenziell nutzbaren Waldholzsortimente (insbesondere Nadelholz) auch in der Holzwerkstoffindustrie sowie in der Zellstoffindustrie verwendet werden können. Im Allgemeinen sind die beiden Märkte aber entkoppelt.

**Die Wettbewerbssituation stellt sich in Deutschland wie folgt dar (Stand: Ende 2004):**

- Es gibt ca. 320 **Brennstoffproduzenten** für Stückholz. Hinzu kommen private Anbieter sowie die „Selbstwerbung“ von Endverbrauchern. Da die Anbieter die Produkte hauptsächlich im Nebenerwerb vertreiben bzw. ihre Produktpalette durch Stückholz erweitern, besteht fast kein Wettbewerb. Aufgrund der regional

geprägten Märkte und der hohen Transportkosten besteht eine starke regionale Bindung der Produzenten.

- Insbesondere für Stückholzkessel existiert ein bundesweites Netz von Anbietern.
- Ca. 35 bis 50 **Hersteller** von Stückholzkesseln sowie Stückholzvergaserkesseln sind teilweise nur im Vertrieb tätig.
- Der **Anlagenbetrieb** erfolgt hauptsächlich zur privaten oder zur kommunalen Nutzung.

Der **Markt** für Stückholz-Kleinf Feuerungsanlagen **stagnierte bzw. wuchs nur langsam** in den zurückliegenden Jahren, da im Vergleich zu diesen Anlagen die Holzpelletfeuerungen einen höheren Bedienungskomfort und einen wartungsarmen vollautomatischen Betrieb gewährleisten. Einen Vorteil stellt jedoch die „Selbstwerbung“ des Endverbrauchers durch Bereitstellung eines „kostenlosen“ Brennstoffs dar. Das Marktvolumen von derzeit 0,98 bis 1,25 Mio. t im Jahr entspricht bei Brennstoffpreisen von ca. 90 €/t (ca. 55 €/rm) einem Marktwert von ca. 88 bis 113 Mio. € p. a.

Ein **signifikantes Marktwachstum** über einen längerfristigen Zeitraum ist derzeit **unwahrscheinlich**. Unter anderem besteht wegen des hohen Bedienungsaufwands eine eingeschränkte Akzeptanz für Stückholz-Kleinf Feuerungsanlagen. Eine hiervon abweichende Entwicklung mit Wachstumsimpulsen über einen längerfristigen Zeitraum wäre dann zu erwarten, wenn das Energiepreisniveau für fossile Energieträger (z. B. Rohölpreis > 40 US \$/Barrel) nachhaltig auf hohem Niveau bleiben würde.

Der Stückholz-Markt ist in preislicher Hinsicht weniger durch **Substitutionsprodukte** gefährdet, als vielmehr dadurch, dass sich nachwachsende Rohstoffe gegen klassische Energieträger durchsetzen müssen. Im Wärmemarkt besteht vor allem bei Privathaushalten mit etwa 38 Mio. Wohnungen, und hier wiederum hauptsächlich bei Ein- und Zweifamilienhäusern, ein großes Marktpotenzial. Daneben bestehen Nutzungspotenziale im Wärmemarkt des gewerblichen Sektors.



## Zusammenfassung der aktuellen Situation auf dem Stückholzmarkt

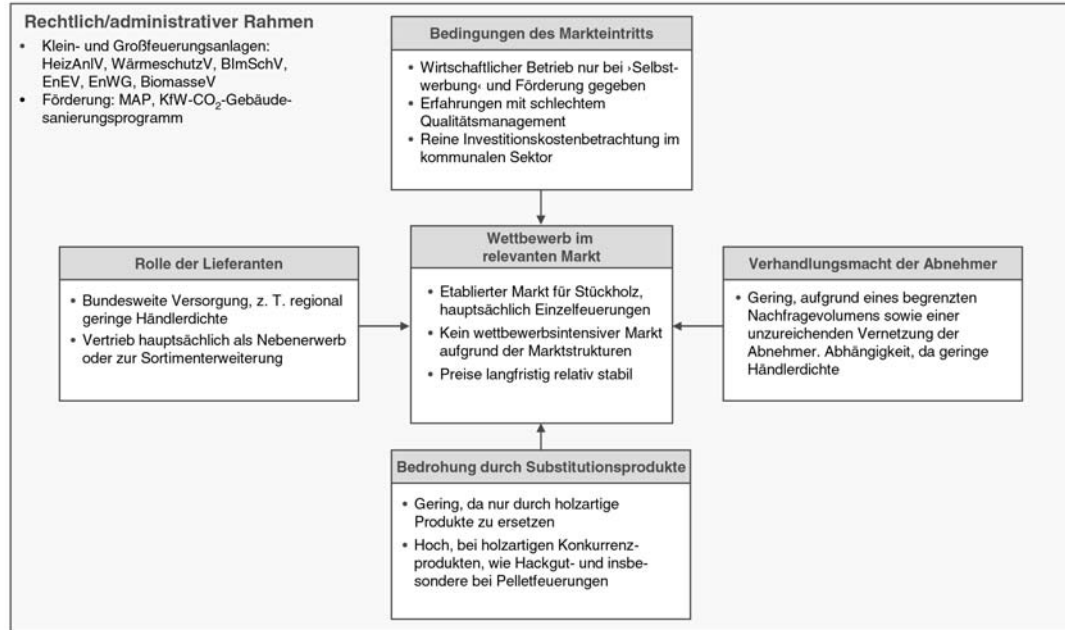
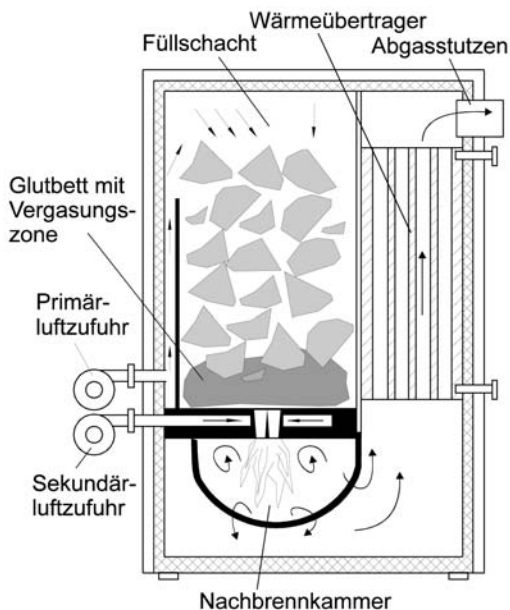


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Stückholzmarkt

#### 4 Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Wärmeerzeugung aus Stückholz erfolgt i. d. R. in **handbeschickten Feuerungsanlagen**, die mit sehr unterschiedlichen Feuerungstechniken und unterschiedlichen thermischen Leistungen auf dem Markt verfügbar sind. Der überwiegende Anteil der nachgefragten Leistung liegt allerdings im Bereich unter 50 kW Feuerungswärmeleistung.



Quelle: Kaltschmitt, M./Hartmann, H.: *Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 2001

Abbildung: Beispiel für einen Stückholzkessel mit Sturzbrandfeuerung

**Einzelfeuerstätten** wie Kamine, Kaminöfen und Kachelöfen werden in der Regel als **Zusatzheizungen** genutzt und die Anlagenauswahl erfolgt selten nach ökonomischen Kriterien.

Die **Investitionskosten** für eine **Stückholz-Zentralheizung** mit einer Leistung von 20 bis 100 kW betragen 150 bis 350 €/kW. Zusätzliche Kosten verursachen ggf. Komponenten wie Puffer-Speicher, Installation, Brennstofflager, etc. Die **Brennstoffkosten** lagen im Mittel der letzten Jahre bei 90 €/t bzw. 55 €/rm. Die schlechten Erfahrungen mit dem Brennstoffmanagement wirken sich negativ auf den **Markteintritt** aus. Da vergleichende Investitions- und Betriebskosten-Rechnungen fehlen, werden Stückholz-Zentralheizungen trotz ihrer prinzipiell guten Eignung im kommunalen Bereich (z. B. in Schulen) auch dort nicht vermehrt eingesetzt.

| <b>Energieträgerpreise (Mittelwert 2004)</b> |          |         |
|--|----------|---------|
| Stückholz                                    |          | 3,0     |
| Hackgut*                                     |          | 1,5     |
| Holzpellets**                                | [ct/kWh] | 4,0     |
| Heizöl                                       | [ct/kWh] | ca. 4,1 |

\* Wassergehalt 35 %, Umkreis 20 km; \*\* 5 t, Umkreis 20 km

Abbildung: Brennstoffpreise für Stückholz im Vergleich zu Hackgut, Holzpellets und Heizöl

Die Wärmebereitstellung durch Stückholz ist trotz relativ günstiger **Brennstoffkosten** auf eine Förderung angewiesen, um die hohen Investitionskosten auszugleichen. So können beim Einsatz von Stückholz Investitionskostenzuschüsse für Neuanlageninstallationen bis 100 kW durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) sowie durch regionale **Förderprogramme** (z. B. Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien – MAP, KfW-CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm) beantragt werden.<sup>4</sup>

---

4 Stand: Mitte 2005. Aktuelle Informationen zu Fördermitteln unter [www.bafa.de](http://www.bafa.de)

| Automatisch-beschickte Anlage  | Handbeschickte Anlage |
|--|-----------------------|
| min. 88 % Kesselwirkungsgrad<br>Grenzwerte für CO- und Staubemissionen |                       |
| 8-100 kW   | 15-100 kW             |
| 60 €/kW  | 50€/kW                |
| ab 90 % Kesselwirkungsgrad   |                       |
| min. 1.700 €   | min. 1.500 €          |

Abbildung: Investitionskostenförderung (BAFA) für Stückholz-Zentralheizungen (Stand: Mitte 2005)

In Deutschland besteht die einzige **Qualitätsvorgabe** für Stückholz darin, dass es sich um naturbelassenes Holz handeln muss. Daneben bestehen u. a. folgende **rechtliche Rahmenbedingungen** beim Einsatz von Stückholz zur Wärmebereitstellung:

- **Für Kleinf Feuerungsanlagen:** Bundes-Immissionsschutz-Verordnung, 1. BImSchV (Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen),
- **Für Großfeuerungsanlagen:** Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) bei zukünftiger KWK-Nutzung,
- Biomasse-Verordnung (BiomasseV),
- **EU-Richtlinien:** Weißbuch für erneuerbare Energieträger; Weißbuch Energiepolitik, Grünbuch Energieversorgungssicherheit, koordinierter europäischer Biomasse-Aktionsplan, Richtlinie über den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten (u. a. Kyoto-Protokoll).

Aus den gesetzlichen Rahmenbedingungen ergibt sich, dass Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung unter 1 MW nicht genehmigungspflichtig sind, aber die 1. BImSchV erfüllen müssen. Brennstoffe müssen aus naturbelassenem Holz sein.

## 5 SWOT-Analyse

Einen zusammenfassenden Überblick der Stärken und Schwächen der Wärmeerzeugung mit Stückholz in Deutschland sowie zu den Chancen und Risiken des Marktes ist nachfolgend dargestellt.

| Stärken  | Schwächen   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Brennstoffkosten, bisher unabhängig vom Weltmarktpreis für Öl oder Gas</li> <li>• Hoher Anlagen-Wirkungsgrad, wartungsarmer Betrieb</li> <li>• Niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Verbrennung</li> <li>• Bei Stückholz-Feuerungen ähnliche Anschaffungskosten wie bei Heizölkesseln</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ hoher Brennstofflagerraumbedarf</li> <li>• Keine einheitliche Brennstoffqualität und funktionierende Versorgungsstruktur</li> <li>• Höhere Staub-Emissionen gegenüber fossilen Brennstoffen</li> <li>• Bei Stückholz-Feuerungen hoher Bedienungsaufwand durch tägliche manuelle Entaschung sowie geringer Automatisierungsgrad (häufiges Nachlegen)</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutschlandweite Verfügbarkeit des Rohstoffs unterstützt regionale Wertschöpfung</li> <li>• Hohe ungenutzte Brennstoffpotentiale</li> <li>• Kombination Holzcentralheizung und Solaranlage schafft optimale Wärmeversorgung mit geringen Brennstoffkosten</li> <li>• Selbstwerbung des Rohstoffs durch Endverbraucher mit kostengünstiger Brennstoffbereitstellung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilweise geringe regionale Händler- und kompetente Heizungsanlagenbauerdichte</li> <li>• Brennstoffpreissteigerungen durch Nachfrageerhöhung möglich</li> <li>• Eingeschränkte Akzeptanz durch hohen Bedienungsaufwand</li> <li>• Wegfall der Investitionskosten-Förderung</li> </ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken bei der energetischen Nutzung von Stückholz

## 6 Relevante internationale Erfahrungen

In **Österreich** werden deutlich mehr Holzheizungen als in Deutschland betrieben. Im Jahr 2002 waren ca. 500.000 Holzcentralheizungen in Betrieb, die einen Anteil an der Wärmegewinnung am Hauptwohnsitz von 15 % bereitstellen. Der Höchststand wurde 1990 mit ca. 600.000 Anlagen und einem Anteil an der Wärmegewinnung von 21 % erreicht. Insgesamt ist eine Stagnation bzw. ein Rückgang bei der Nutzung von Holzcentralheizungen festzustellen, während der Einsatz von Holzpelletkesseln aufgrund der technologischen Entwicklung (z. B. Verbesserung des Wirkungsgrades sowie erhöhte Qualität der Ausführung und besserer Bedienungskomfort) wächst. Stückholz hat in Österreich einen Anteil von ca. 42 % bzw. 65 PJ (ca. 4,4 Mio. t/a) an der Wärmebereitstellung durch erneuerbare Energien. Für eine erfolgreiche Marktdurchdringung sind – ebenso wie in Deutschland – eine Investitionskostenförderung und eine ausgereifte Technik notwendig.

## 7 Quellenverzeichnis

### Literatur

- BAFA – Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vom 26. November 2003. Bundesanzeiger Nr. 234, Eschborn 2003
- BMWA – Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit: Energiedaten – Nationale und Internationale Entwicklung. Berlin 2005
- C.A.R.M.E.N. – Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e. V.: Heizen mit Scheitholz und Holzhackschnitzeln, Holz – ein umweltschonender Brennstoff wird wieder entdeckt. Straubing 2002
- C.A.R.M.E.N. – Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e. V.: Preisentwicklung bei Holzhackschnitzeln. Straubing 2005
- DIN CEN/TS 14588 Feste Biobrennstoffe – Terminologie, Definitionen und Beschreibungen. Deutsche Fassung (Vornorm), Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin 2003
- E.V.A. – Energieverwertungsgesellschaft Österreich: Energie in Zahlen – Wärme aus Biomasse. Wien 2003
- FNR – Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e. V.: Handbuch Bioenergie Kleinanlagen. Gülzow 2003
- Kaltschmitt, M./Hartmann, H.: Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 2001

- Kaltschmitt, M./Merten, D./Fröhlich, N./Nill, M.: Energiegewinnung aus Biomasse. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 „Welt im Wandel: Energiegewende zur Nachhaltigkeit“. Berlin/Heidelberg 2003
- LWF – Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: Merkblatt Nr.12 – Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung. Freising 2003
- Langer/Riebling/Tennagels: Auswertung der Fragebogenaktion zu automatisch beschickten Holzfeuerungsanlagen. LFV – Landesforstverwaltung NRW, Referat II-1, Bonn 2005
- Mall, M.: Verfahren zur Bereitstellung von Scheitholz. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, Freising 2003
- Merten, D. u. a.: Wärmegewinnung aus Biomasse – Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig 2004
- Rheinbraun Brennstoff GmbH: Analyse der aktuellen Marktsituation bei Festbrennstoffen (Braunkohle, Steinkohle, Holz)
- Uth, J.: Marktübersicht – Scheitholzvergaserkessel, Scheitholz-Pellet-Kombinationskessel. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow 2004

## E Holzindustriebrennstoffe

### 1 Zusammenfassung

Bei Industriebrennstoffen handelt es sich um **Kuppelprodukte bzw. Abfallstoffe** aus Produktionsprozessen der Holzverarbeitenden Industrie, wie z. B. Rinden, Späne/Sägemehl, Hackschnitzel, Stäube oder Stückholz. Die Wärmeerzeugung auf der Basis von Holzindustriebrennstoffen ist aufgrund der verfügbaren Restholzmengen begrenzt, die zudem oftmals der stofflichen Nutzung zugeführt werden. Es ist nur ein **geringes Marktgeschehen** vorhanden, weil ein hoher Anteil der Brennstoffe in betrieblicher Eigennutzung verwertet wird. In den unterschiedlichen Industriezweigen haben sich separate Teilmärkte etabliert. Die Anlagengrößen für Holzindustriebrennstoffe umfassen den Leistungsbereich von 15 kW bis über 50 MW. Die energetische Nutzung der Holzindustriebrennstoffe erfolgt teilweise auch in Stromerzeugungsanlagen. Da Holzindustriebrennstoffe in großem Maße nicht auf öffentlichen Märkten gehandelt werden, sind Preisangaben nur eingeschränkt möglich.

Der Import von Holzindustriebrennstoffen spielt nur eine geringe Rolle. Durch die energetische Nutzung von Holzindustriebrennstoffen wird die **betriebliche Wertschöpfung erhöht**. Die Marktentwicklung ist wesentlich an den Produktionsumfang der Holzindustrie gekoppelt. Der hier erwartete begrenzte Anfall an Restholzmengen wird das **Marktvolumen** für den Zeitraum von **2010 bis 2020** etwa auf das heutige Niveau limitieren.

Holzindustriebrennstoffe sind je nach Genehmigungsstatus und technischer Ausstattung der Anlage prinzipiell durch andere Hölzer **substituierbar**. Da die Holzbrennstoffe jedoch im Betrieb selbst anfallen, ist eine Substitution als eher unwahrscheinlich anzusehen.



| Kriterien                                       | Ausprägungen im Markt für Industriebrennstoffe  |
|---|---|
| Marktgröße im Jahr 2004                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamtaufkommen: Größenordnung von 10 Mio. <math>t_{\text{atro}}/a</math></li> <li>• Marktwert: ca. 300 Mio. € p. a.</li> </ul>  |
| Markt 2010 und 2020                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Größenordnung wie 2004 etwa 10 Mio. <math>t_{\text{atro}}/a</math>, Marktwert: ca. 300 Mio. € p. a.</li> </ul>   |
| Relevanz für Holzindustrie                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigene betriebliche Nutzung von Industriebrennstoffen bzw. Vermarktung erhöht die betriebliche Wertschöpfung, trägt jedoch nur im geringen Maße zur Verbesserung des Unternehmensergebnisses bei</li> <li>• Durch Nutzung von Industrierestholz kein direkter Vorteil für Forstwirtschaft aus energetischer Nutzung</li> </ul> |
| Wettbewerbsfähigkeit                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei entsprechenden innerbetrieblichen Rahmenbedingungen in Bezug auf anfallende Restholzmengen und Wärmebedarf sind insbesondere größere Anlagen wettbewerbsfähig</li> </ul>   |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzierungen der fossilen Energieträgerpreise</li> <li>• Rückgang der Produktion in der Holzverarbeitenden Industrie insbesondere aufgrund der Konkurrenz aus Osteuropa und damit einhergehend Verringerung der anfallenden Restholzmengen zur energetischen Nutzung</li> </ul>   |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insgesamt geringe Umweltwirkungen, da Nutzung von Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen</li> <li>• Reduzierung der <math>CO_2</math>-Emissionen z. B. gegenüber Wärmeerzeugung auf Basis fossiler Energieträger</li> </ul>  |

Abbildung: Marktindikatoren im Bereich Holzindustriebrennstoffe

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Durch die Formgebung von Holz mit Werkzeugen und Bearbeitungsmaschinen entstehen Holzreste in unterschiedlicher Form und Größe, die zumeist nicht mehr zur stofflichen Nutzung verwendet werden können. Im Einzelnen handelt es sich um:

- **Rinden**, die in Sägewerken, in der Holzwerkstoffindustrie und in der Zellstoff- bzw. Holzschliffindustrie beim Entrinden von Stammholz als Rückstände anfallen.
- **Späne und Stäube**, die beim Schleifen, Sägen, Fräsen und Hobeln entstehen.
- **Verschnittstücke**, die beim Sägen und Zuschneiden entstehen und in größeren Betrieben häufig zu **Hackschnitzel** weiter verarbeitet werden.
- **Industriepellets**, also genormte, zylindrische Presslinge meist aus getrocknetem, naturbelassenem Restholz mit einem Durchmesser von ca. 10 bis 12 mm.

Durch die energetische Nutzung von Industriebrennstoffen wird die **betriebliche Wertschöpfung erhöht**. Prinzipiell ist jedoch durch die stoffliche Nutzung die Wertschöpfung eines Rohstoffes/Produktes höher als durch seine energetische Verwertung.

| Produkt(gruppe) | Wertschöpfungsketten   |
|-----------------|--|
| Generell        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industriebrennstoffe fallen als Nebenprodukt des Produktionsprozesses an, teilweise in einer Form, die eine zusätzliche Aufbereitung nicht notwendig macht (z. B. Direktverbrennung von Holzstäuben)</li> </ul> |
| Aufbereitung    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ggf. Aufbereitung durch Zuschneiden/Zerkleinern (handhabe Größen), Hacken (Hackschnitzel) bzw. Brikettieren (Späne)</li> </ul>  |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Industriebrennstoffe

Es existiert eine große Bandbreite an verfügbaren Kesseltechnologien und Leistungsklassen für den Einsatz von Holzindustriebrennstoffen. Oftmals ist vor der energetischen Verwertung jedoch eine Aufbereitung der Brennstoffe entsprechend der Brennstoffzuführungstechnologie der Feuerungsanlage notwendig; d. h. die angefallenen Resthölzer werden beispielsweise zu verwendungsbereiten Stückholz, Hackschnitzeln oder Brikett/Pellets zerkleinert und gepresst.

**Brennstoffaufbereitung (abhängig von der Feuerungsart)**

| Aufbereitungstechnik | Vorgang                        |
|----------------------|--------------------------------|
| Zuschneider          | Zuschnitt der Verschnittstücke |
| Zerkleinerer         | Hacken der Verschnittstücke    |
| Brikettierpresse     | Pressen der Späne              |

**Feuerungen**

| Feuerungstechnik                | Leistungsbereich (FWL in kW) | Partikeldurchmesser in mm |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Unterabbrandkessel mit Speicher | 4–50                         | 300–1.000                 |
| Tunnelbrenner-Feuerung          | 5–100                        | unter 10                  |
| Unterschubfeuerung              | 10–2.500                     | 100–200                   |
| Rostfeuerung                    | 4.000–5.000                  | in cm Bereich             |
| Staubfeuer. (Einblasfeuer.)     | 2.000–10.000                 | unter 5                   |

*Abbildung: Aufbereitung von Industriebrennstoffen sowie Feuerungen für die Verwertung von Industriebrennstoffen*

Holzindustriebrennstoffe können bezüglich der Feuerungstechnik prinzipiell durch fossile Energieträger und andere holzartige Brennstoffe **substituiert** werden. Das können sein:

- Altholz A I bis A IV,
- Industrieresthölzer,
- Landschaftspflegehölzer,
- im Kurzumtrieb bewirtschaftetes Plantagenholz.

Entsprechende Techniken zur Emissionsminderung sowie die Genehmigung für die Verbrennung anderer Hölzer müssen jedoch vorhanden sein.

Weiterhin besteht die Möglichkeit Holzindustriebrennstoffe in Kraftwerken zur Stromerzeugung bzw. zur Kraftstoffbereitstellung einzusetzen.

| Nutzungs-<br>pfade | Technik-<br>verfügbarkeit  | Wirtschaftlichkeit                                 | CO <sub>2</sub> -Minderungs-<br>kosten |
|--------------------|----------------------------|--|--|
| Strom              | gegeben                    | auf Basis EEG<br>möglich                           | mittel                                 |
| Wärme              | gegeben                    | Teilweise gegeben                                  | niedrig                                |
| Kraftstoff         | bislang ein-<br>geschränkt | Mit Steuer-<br>befreiung ggf.<br>zukünftig gegeben | hoch                                   |

Abbildung: Holzindustriebrennstoffe können neben der Wärmeerzeugung auch zur Strom- und Kraftstoffproduktion eingesetzt werden.

### Ökologische Bewertung:

- Das bei der Verbrennung von Holzindustriebrennstoffen freigesetzte CO<sub>2</sub> gilt als klimaneutral, da es beim Wachstum der Bäume der Atmosphäre entzogen wurde, wenn eine nachhaltige Forstwirtschaft unterstellt wird.
- Da es sich bei Industriebrennstoffen um Nebenprodukte handelt, sind mögliche ökologische Beeinträchtigungen der Brennstoffbereitstellung dem Hauptprodukt zuzuordnen.
- Bei einem innerbetrieblichen Einsatz ist kein nennenswerter Transport notwendig, so dass diesbezüglich keine ökologischen Belastungen entstehen.
- Die ökologischen Auswirkungen sind wesentlich von der Art der Hölzer (belastet/unbelastet) und von der Feuerungstechnik abhängig.

### 3 Analyse des Marktes

Im Bereich der Holzindustriebrennstoffe existiert für jedes Produkt neben einem **eigenen Markt** auch **zahlreiche Nutzungspfade**, wie z. B. Eigennutzung (energetisch), Verkauf zur stofflichen Nutzung, Verkauf zur energetischen Nutzung, kostenlose Abgabe (energetisch bzw. stofflich genutzt). Häufig werden die Stoffe aber auch ausschließlich im Betrieb selbst eingesetzt, so dass sich kein Markt entwickeln kann. In bestimmten

Regionen besteht für energetisch nutzbare Industriebrennstoffe eine starke **Konkurrenz** zur stofflichen Nutzung, da sie auch in der Holzwerkstoffindustrie sowie in der Zellstoffindustrie, im Gartenbau, in Kompostieranlagen etc. eingesetzt werden

Industriebrennstoffe fallen in unterschiedlichen Branchen in unterschiedlicher Konsistenz an. Da es sich bei diesen Industriebrennstoffen um ein Koppelprodukt handelt, ist ihr Marktpotenzial wesentlich vom jeweiligen Produktionsumfang abhängig. Bisher wird nur etwa die Hälfte der anfallenden Stoffe am Markt gehandelt.

| Bereich   | Art der Reststoffe         | Gesamtanfall (Mio. t <sub>atro</sub> ) | Anteil interne energetische Verwendung (%) |
|---|----------------------------|--|--|
| Sägewerke   | Rinden                     | 0,7                                    | in Summe:<br>ca. 14                        |
|   | Späne                      | 1,7                                    |  |
|   | Hackschnitzel              | 2,5                                    |  |
|   | Stückholz (Schw.&Spreisel) | 0,5                                    |  |
|   | Summe                      | 5,4                                    |  |
| Holzwerkstoffindustrie  | Rinden                     | 0,2                                    | > 70<br>ca. 100                            |
|   | Schleifstäube              | 0,9                                    |  |
| Holzschliff- und Zellstoffindustrie   | Rinden                     | 0,2                                    | ca. 100                                    |
| Sonstige Holzverarbeitende Industrie<br>Holzmöbelindustrie<br>Holzverarbeitendes Handwerk | Späne und Stäube           | Größenordnung<br>3,0                   | ca. 30–50                                  |
|   | Stückholz                  |  |  |
| Summe   |                            | ca. 10                                 |  |

Abbildung: Übersicht Holzindustriebrennstoffe im Jahr 2002

Die Abnehmer von Resthölzern zur stofflichen Nutzung verfügen deshalb über eine relativ große Verhandlungsmacht. Die **Abnehmer für Sägenebenprodukte** haben folgenden **Jahresbedarf**:

- Holzwerkstoffindustrie sowie Papier- und Zellstoffindustrie: 4 Mio. t<sub>atro</sub>
- Feuerungsanlagen: 1,5 Mio. t<sub>atro</sub>.

Zwischen den Sägewerken und den Unternehmen und Betrieben der stofflichen Holznutzung bestehen meist langjährige Geschäftsbeziehungen, so dass für neue Akteure auf dem Markt (z. B. zur energetischen Nutzung) große Markteintrittsbarrieren bestehen. Die **Betriebs- und Unternehmensstrukturen der stofflichen Nutzung** sind:

- Holzwerkstoffindustrie (ca. 20 Unternehmen mit ca. 60 Betrieben, insbesondere Firmen Glunz, Hornitex, Pfeleiderer),
- Holzschliff: 16 Produktionsstandorte,
- Zellstoff: 4 Unternehmen, 6 Produktionsstandorte.

Das zukünftige Aufkommen (Potenzial) an Industriebrennstoffen ist wesentlich vom Produktionsumfang abhängig, so dass große Unsicherheiten bei der Abschätzung bestehen. Bei den Sägewerken wird die interne Nutzung bzw. die Vermarktung von Säge-Nebenprodukten für energetische Zwecke im starken Maße von den stofflichen Verwertungsmöglichkeiten abhängen. Durch die Inbetriebnahme des Zellstoffwerks Stendal werden größere Mengen an Holzindustriebrennstoffen in der Zellstoffindustrie anfallen. Bei der sonstigen Holzverarbeitenden Industrie, der Holzmöbelindustrie und dem Holzverarbeitenden Handwerk wird aufgrund des Deponierungsverbots ein höherer Anteil an Abfällen der energetischen Eigennutzung zugeführt werden. Aufgrund des Deponierungsverbots werden ggf. auch mehr Holzindustriebrennstoffe in Müll- und Restmüllverbrennungsanlagen bzw. in anderen Energieanlagen im Rahmen einer Mitverbrennung verwertet werden.

Etwa 50 % der Holzverarbeitenden Betriebe sind selber **Betreiber** von Holzfeuerungsanlagen in unterschiedlichen Leistungsbereichen. Bei großen Betrieben geht der Nutzungsanteil gegen 100 %, während kleine Betriebe häufig nur eine konventionelle Feuerungsanlage auf der Basis fossiler Energieträger haben.

Der **Markteintritt** neuer Akteure sowie die **Wettbewerbssituation** im vorhandenen Markt wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst:

- Anstieg der fossilen Energiepreise,
- konventionelle Anlagen auf der Basis fossiler Energieträger sind erneuerungsbedürftig,
- Erhöhung des betrieblichen Wärmebedarfs (z. B. Einrichten von Trockenkammern, Produktionsausweitung),

- kontinuierlicher und mengenmäßig ausreichender Anfall der Holzabfällen,
- eingeschränkte Vermarktungsmöglichkeiten für die Resthölzer,
- erhöhte Nutzungskonkurrenzen für Holzindustriebrennstoffe neben der stofflichen Nutzung auch innerhalb der energetischen Verwertung (siehe Abbildung),
- Fördermöglichkeiten, insbesondere bei kleinen Anlagenleistungen.

Für die weitere Nutzung von Holzindustriebrennstoffen für den Zeitraum **2010 bis 2020** werden sich bei gleich bleibenden Rahmenbedingungen kaum Veränderungen der Marktsituation einstellen.

| Bereich   | Jahr 2010                              |  | Jahr 2020                              |  |
|---|--|--|--|--|
|   | Gesamtanfall (Mio. t <sub>stro</sub> ) | Anteil interne energetische Verwendung (%) | Gesamtanfall (Mio. t <sub>stro</sub> ) | Anteil interne energetische Verwendung (%) |
| Sägewerke   | etwa wie 2002                          | etwas höher als 2002                       | etwa wie 2010                          | etwa wie 2010                              |
| Holzwerkstoffindustrie  | leicht höher als 2002                  | leicht höher als 2002                      | etwa wie 2010                          | etwa wie 2010                              |
| Holzschliff- und Zellstoffindustrie   | 0,4                                    | ca. 100                                    | 0,4                                    | ca. 100                                    |
| Sonstige holzverarbeitende Industrie<br>Holzmöbelindustrie<br>Holzverarbeitendes Handwerk | geringer als 2002                      | höher als 2002                             | etwa wie 2010                          | etwa wie 2010                              |

Abbildung: *Marktsituation für Holzindustriebrennstoffe 2010 und 2020*

## Zusammenfassung der aktuellen Situation auf dem Holzindustriebrennstoffmarkt

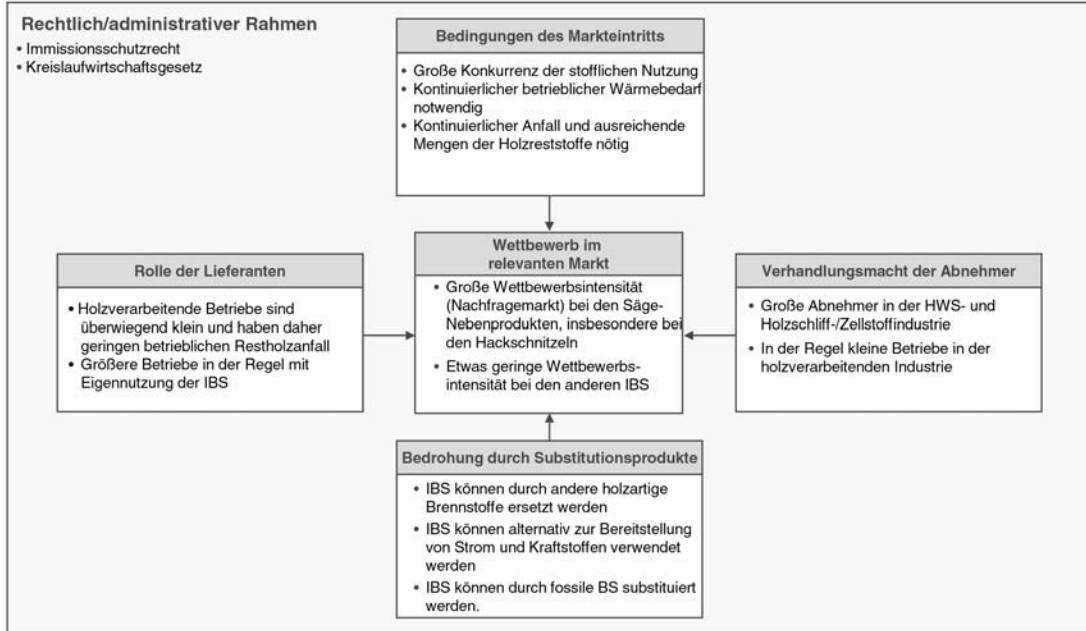


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Markt für Holzindustriebrennstoffe



#### 4 Technik, Preise, gesetzliche Rahmenbedingungen

Auf dem Markt für Holzindustriebrennstoffe existieren nur wenige **Brennstoffanbieter**, die über große Mengen an Säge-Nebenprodukten (SNP) verfügen. Auf dem Markt für SNP besteht deshalb eine mittlere bis hohe Wettbewerbsintensität (Nachfragemarkt), weshalb die Preise in den letzten Jahren gestiegen sind (u. a. wegen des ZSW Stendal). Generell bestehen jedoch je nach Produktionsumfang der Säge-, Holzwerkstoff- sowie Holzstoff- und Zellstoffindustrie starke Preisschwankungen innerhalb des Marktes. Weiterhin werden die nachfolgenden **Preise für Industriebrennstoffe** je nach Aufbereitungsaufwand, Liefermenge und Transportkosten beeinflusst.

- Schwarten und Spreißel: 26 €/t<sub>atro</sub>
- Rinde: 35 €/t<sub>atro</sub>
- Sägespäne: 38 €/t<sub>atro</sub>
- Hackschnitzel: 58 €/t<sub>atro</sub>.

Es existieren zahlreiche **Planer und Anlagenhersteller**, die Erfahrung haben bei der Umsetzung von Projekten zur energetischen Nutzung von Holzindustriebrennstoffe. Die **Investitionskosten** für eine Feuerungsanlage schwanken je nach Leistung.

- 0,1 MW-Anlage: 500 €/kW<sub>th</sub>
- 1 MW-Anlage: 250 €/kW<sub>th</sub>
- 20 MW-Anlage: ca. 200 €/kW<sub>th</sub>.

**Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Betrieb von Feuerungsanlagen beim Einsatz von Holzindustriebrennstoffen sind u. a.:**

- Baurechtliche Genehmigung (Bauordnung, Feuerungsanlagenverordnung),
- Immissionsschutzrecht (4. BImSchV, 17. BImSchV),
- EU-Rahmen: Weißbuch für erneuerbare Energieträger; Weißbuch Energiepolitik, Grünbuch Energieversorgungssicherheit, Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, Richtlinie über den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten,
- Kyoto-Protokoll,
- Marktanzreizprogramm Erneuerbare Energien (MAP),
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung,
- Düngemittelgesetz/Düngemittelverordnung.

## 5 SWOT-Analyse

Der Einsatz von Holzindustriebrennstoffen in Deutschland ist durch eine etablierte Technik sowie Konkurrenz zur stofflichen Nutzung gekennzeichnet. Einen zusammenfassenden Überblick der Stärken und Schwächen der Wärmeerzeugung mit Holzindustriebrennstoffen sowie zu den Chancen und Risiken des Marktes ist nachfolgend dargestellt.

## 6 Relevante internationale Erfahrungen

Die Nutzung von Industriebrennstoffen zur Wärmeerzeugung in der Holzverarbeitenden Industrie ist in Europa weit verbreitet und unterscheidet sich von den deutschen Verhältnissen nicht wesentlich. Insbesondere in den skandinavischen Ländern erfolgt im Gegensatz zu Deutschland aber ein stärkerer Einsatz von Industriepellets.

Der Außenhandel von Sägespänen und Sägemehl besitzt verglichen mit der inländisch anfallenden Menge nur eine geringe Bedeutung:

- An Sägespänen und Sägemehl wurden im Jahr 2003 etwa 50.000 t exportiert und 21.000 t importiert, während das Gesamtaufkommen bei etwa 1,6 Mio. t lag.
- An Sägewerkshackschnitzeln wurden im Jahr 2003 ca. 400.000 t exportiert und 100.000 t importiert, während das inländische Gesamtaufkommen bei 2,8 Mio. t lag.

Das Industrierestholzpotenzial in Europa liegt im 5-Jahresmittel der Jahre 1997–2002 bei:

- EU15: 632 PJ/a,
- EU25: 741 PJ/a.

| <b>Stärken</b>   | <b>Schwächen</b>   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Etablierte Technologien der Brennstoffaufbereitung</li><li>• Hoher Standard der Nutzungstechniken</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nur noch geringe zusätzliche energetische Nutzungspotenziale</li><li>• Brennstoffangebot wird von der Holznachfrage für stoffliche Zwecke beeinflusst</li><li>• Hohe Wärmegestehungskosten, insbesondere bei kleinen Leistungen/Brennstoffmengen</li></ul> |
| <b>Chancen</b>   | <b>Risiken</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Weitere Steigerung des Anteils EE (Biomasse) im Wärmebereich</li><li>• Ggf. Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit der Holzverarbeitenden Betriebe, Anfälligkeit gegenüber Energiepreisschwankungen wird geringer</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Brennstoffverfügbarkeit stark von der Nachfrage der Holzverarbeitenden Industrien abhängig</li><li>• Negative Auswirkungen auf die Rohstoffversorgung der Holzverarbeitenden Industrie</li></ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für Holzindustriebrennstoffe

## 7 Quellenverzeichnis

### Literatur

- C.A.R.M.E.N. – Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e. V.:  
Bezugsquellen-Biomassekessel größer 1 MW.  
[http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hack\\_g1mw.html](http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hack_g1mw.html)  
(Zugriffszeit 26.02.2005)
- DIN CEN/TS 14588 Feste Biobrennstoffe – Terminologie, Definitionen und Beschreibungen. Deutsche Fassung (Vornorm), Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin 2003
- EU-Datashop: Intr-EU-Handel mit ausgewählten Holzprodukten im Jahr 2000.  
Datenaufbereitung vom August 2004
- FNR – Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e. V. (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie.  
Gülzow 2000
- Heller, H. G./Baumbach, G.: Optimierung der Feuerungstechnik zur Wärmeerzeugung aus aufbereiteten Durchforstungsrückständen. Förderkennzeichen BWD 21006, Stuttgart 2004
- IE – Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Biomassehandel in Europa.  
2. Zwischenbericht, Leipzig 2005
- IER/Prognos AG: Analyse der Wirksamkeit von CO<sub>2</sub>-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung. Entwurf, Basel/Stuttgart 2004
- Jaakko Pöyry Consulting: Entwicklung des Clusters Forst&Holz NRW – Energieerzeugung aus Biomasse, 2003
- Kaltschmitt, M/Hartmann, H.: Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 2001
- Mantau, U.: Holzrohstoffbilanz Deutschland. Bestandsaufnahme 2002, Hamburg Juni 2004
- Mantau, U./Weimar, H./Wierling, R.: Standorte der Holzwirtschaft – Holzwerkstoffindustrie. Hamburg 2002
- Mantau, U./Weimar, H.: Standorte der Holzwirtschaft – Einsatz von Biomasse in Industrieanlagen. Hamburg 2004
- Mantau, U.: Holzrohstoffbilanz Deutschland – Bestandsaufnahme 2002. Hamburg 2004



# **Treibstoffe**

## **Synthetische Biokraftstoffe**

Franziska Müller-Langer, Alexander Vogel und  
Martin Kaltschmitt

## **Biogas**

Frank Hofmann und Frank Scholwin

## **Biodiesel und Pflanzenöl**

Jan Henke

## **Bioethanol**

Norbert Schmitz \*

---

\* Dipl.-Ing. Frank Hofmann, Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt,  
Dipl. Ing. Franziska Müller-Langer, Dr.-Ing. Frank Scholwin und  
Dipl.-Ing. Alexander Vogel; IE Leipzig – Institut für Energetik und Umwelt gGmbH,  
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig, [www.ie-leipzig.de](http://www.ie-leipzig.de)  
Dipl.-Volkswirt Jan Henke und Dr. Norbert Schmitz; meo Consulting Team,  
Weissenburgstr. 53, 50670 Köln, [www.meo-consulting.com](http://www.meo-consulting.com)  
Die Autoren danken Herrn Dr. Klaus Picard, Hauptgeschäftsführer des  
Mineralölwirtschaftsverbandes, für die kritische Durchsicht des Manu-  
skripts und seine inhaltlichen Anregungen.



---

# Inhalt

|  |            |
|--|------------|
| <b>Treibstoffe .....</b>                     | <b>157</b> |
| <b>Abbildungen.....</b>                      | <b>161</b> |
| <b>Zusammenfassung Gesamtmarkt .....</b>     | <b>163</b> |
| <b>A Synthetische Biokraftstoffe.....</b>    | <b>166</b> |
| 1 Zusammenfassung .....                      | 166        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....     | 169        |
| 3 Analyse des Marktes.....                   | 172        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen ..... | 179        |
| 5 Quellenverzeichnis.....                    | 180        |
| <b>B Biogas .....</b>                        | <b>181</b> |
| 1 Zusammenfassung .....                      | 181        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....     | 182        |
| 3 Analyse des Marktes.....                   | 186        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen ..... | 193        |
| 5 Quellenverzeichnis.....                    | 193        |
| <b>C Biodiesel und Pflanzenöl .....</b>      | <b>194</b> |
| 1 Zusammenfassung .....                      | 194        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....     | 198        |
| 3 Analyse des Marktes.....                   | 201        |
| 3.1 Wettbewerbsdynamik .....                 | 203        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen ..... | 207        |
| 5 SWOT-Analyse und Schlussfolgerungen .....  | 209        |
| 6 Quellenverzeichnis.....                    | 211        |



|   |            |
|---|------------|
| <b>D Bioethanol.....</b>                    | <b>213</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                      | 213        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....    | 216        |
| 3 Analyse des Marktes.....                  | 220        |
| 3.1 Nachfrage.....                          | 220        |
| 3.2 Angebot.....                            | 226        |
| 3.3 Wettbewerbsdynamik.....                 | 229        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen..... | 233        |
| 5 SWOT-Analyse und Schlussfolgerungen.....  | 236        |
| 6 Quellenverzeichnis.....                   | 237        |

## Abbildungen

|  |     |
|--|-----|
| Übersicht Biokraftstoffmarkt.....  | 165 |
| Übersicht über den Markt für synthetische Kraftstoffe.....   | 168 |
| Synthetische Kraftstoffe zur direkten Nutzung oder als<br>Zumischung zu konventionellen Otto- und Dieselmotorkraftstoffen..... | 169 |
| Wertschöpfungsketten synthetische Kraftstoffe.....   | 170 |
| Herstellungspfade von synthetischen Kraftstoffen im Überblick .....  | 171 |
| Kraftstoffmarkt in Deutschland 2003 .....  | 172 |
| Ökologisch-ökonomische Gegenüberstellung von synthetischen<br>Kraftstoffen im Vergleich zu anderen Kraftstoffen.....           | 172 |
| Biomassepotenziale in Deutschland.....   | 174 |
| Wettbewerbsdynamik im Markt für BtL-Kraftstoffe .....  | 175 |
| Kraftstoffkosten und erschließbare Potenziale für Biokraftstoffe<br>(eigene Darstellung, ohne Einspeisestation) .....          | 176 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für die<br>Produktion synthetischer Biokraftstoffe.....                        | 178 |
| Übersicht über den Biogasmarkt .....   | 182 |
| Wertschöpfungsketten Biogas.....   | 183 |
| Schematische Darstellung einer typischen Biogasanlage<br>(ohne Aufbereitung) .....   | 184 |
| Wettbewerbsdynamik im deutschen Biogasmarkt .....  | 188 |
| Kosten für eine Biogasanlage und die Aufbereitung<br>(eigene Berechnungen, ohne Einspeisestation).....                         | 189 |
| Bereitstellungskosten für Biokraftstoffe .....   | 190 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken<br>der Biogasproduktion für den Treibstoffsektor .....                         | 192 |
| Übersicht Biodieselmotorkraftstoffe.....   | 197 |
| Wertschöpfungskette Biodiesel.....   | 199 |

|  |     |
|--|-----|
| Herstellungsprozess von Pflanzenöl und Biodiesel .....   | 201 |
| Entwicklung Dieserverbrauch in Deutschland .....   | 202 |
| Biodieselsatz, Produktionskapazitäten und Tankstellennetz .....                                    | 203 |
| Biodieselproduktion in Europa (2004) .....   | 208 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Biodiesel und Pflanzenöl .....              | 209 |
| Übersicht über den Bioethanolmarkt .....   | 215 |
| Verfahrensschema der Bioethanolherstellung aus Melasse<br>(Batch-Verfahren) .....                  | 217 |
| Energie- und Treibhausbilanzen für verschiedene<br>Produktionskonzepte von Bioethanol .....        | 219 |
| Weltweite Produktion und Verwendung von Ethanol .....  | 220 |
| Bioethanolnachfrage in Deutschland .....   | 221 |
| Marktanteile im Kraftstoffmarkt in Deutschland .....   | 222 |
| Entwicklung des Ottokraftstoffverbrauchs .....   | 223 |
| Marktgröße für Bioethanol bei unterschiedlichen<br>Beimischungssätzen .....                        | 223 |
| Entwicklung der brasilianischen Fahrzeugflotte .....   | 225 |
| Erwartete Produktion und Kapazitätsentwicklung in<br>Deutschland in den Jahren 2002 bis 2007 ..... | 226 |
| Traditioneller Ethanolmarkt in Deutschland .....   | 227 |
| Anbaufläche von Zuckerrohr in Brasilien .....  | 229 |
| Rechtlich-administrativer Rahmen für Bioethanol .....  | 230 |
| Wettbewerbsdynamik im Bioethanolmarkt .....  | 232 |
| Die großen Bioethanolmärkte im Überblick .....   | 235 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für die<br>deutsche Bioethanol-Industrie .....     | 236 |

## Zusammenfassung Gesamtmarkt

Insgesamt wurden 2004 im deutschen Markt rund **1,4 Mio. t Biokraftstoffe** mit einem Wert von ca. 1 Mrd. € abgesetzt. Biokraftstoffe erreichten damit einen Anteil von rund 2 Vol.-% am deutschen Kraftstoffmarkt.

Dominiert wird der Biokraftstoffmarkt in Deutschland von **Biodiesel** mit einem Absatz von rund 1,2 Mio. t im Jahr 2004. Insgesamt entwickelt sich der Biodieselabsatz seit 1990 dynamisch und ist 2004 im Dieselmärkte auf einen Marktanteil von rund 4 % angestiegen. Etwas mehr als die Hälfte wurde an Flotten abgesetzt, der Rest wurde als Reinkraftstoff über das Tankstellennetz und seit 2004 als Beimischung (bis 5 %) zum herkömmlichen Diesel verkauft. Insbesondere das Marktsegment Beimischung zeigt eine starke Wachstumsdynamik. Deutschland ist der wichtigste Markt für Biodiesel in der EU. Im Vergleich dazu ist der **Pflanzenölmarkt** mit einem geschätzten Absatzvolumen von knapp 130.000 t im Jahr 2004 relativ klein.

Der Markt für **Bioethanol** besteht seit 2004 in Deutschland. 2004 wurden nach Industrieangaben ca. 80.000 t Bioethanol im deutschen Treibstoffmarkt abgesetzt. Der weit überwiegende Teil wurde zur Herstellung von ETBE verwendet, der Rest regional direkt dem Ottokraftstoff beigegeben. Die Mineralölindustrie steht der direkten Beimischung bislang zurückhaltend bzw. ablehnend gegenüber. **Synthetische Biokraftstoffe (BtL)** und **Biogas** sind bislang nicht marktrelevant.

Der Markt für Biokraftstoffe birgt ein **erhebliches Potenzial für die deutsche Landwirtschaft**, vorausgesetzt, Biokraftstoffe werden aus heimischen Rohstoffen hergestellt. Dabei kommen grundsätzlich verschiedene land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe für die Biokraftstoffproduktion in Betracht. Die deutsche Biokraftstoffproduktion ist bei gegebenen Rohstoffkosten und konventionellen Produktionsverfahren nur **bedingt wettbewerbsfähig**.

Für die Produktion von Biodiesel wird in Deutschland überwiegend Raps eingesetzt. Jedoch ist der weitere Ausbau des Rapsanbaus aus landbautechnischen Gründen begrenzt. Der **Importdruck** aus europäischen Nachbarländern sowie Pflanzenölimporte aus Asien nehmen zu. Deutsche bzw. europäische Bioethanolproduzenten werden noch durch hohe

Zölle vor preiswerten Importen aus Übersee geschützt. Die Herstellungskosten für Bioethanol beispielsweise liegen in Brasilien bei weniger als 50 % der deutschen Herstellungskosten.

Die weitere **Marktentwicklung** wird wesentlich durch **politische Entscheidungen** geprägt werden, insbesondere durch Entscheidungen hinsichtlich der steuerlichen Förderung und hinsichtlich eines möglichen Beimischungszwangs für die Mineralölindustrie. Das Absatz- und Einkommenspotenzial für die deutsche Landwirtschaft hängt vom Umfang des zukünftigen Außenschutzes sowie von der Fortführung der staatlichen Förderung der Biokraftstoffe ab.

Die **Biokraftstoffrichtlinie der EU** und die **Kraftstoffstrategie der Bundesregierung** fördern den weiteren Einsatz von Biokraftstoffen. Biodiesel wird vermehrt in der direkten Beimischung zu regulärem Diesel eingesetzt werden. Bioethanol soll nach den Vorstellungen der Mineralölindustrie vor allem zur Herstellung von ETBE und anderen Ethern Verwendung finden, die Automobilindustrie setzt dagegen verstärkt auf direkte Beimischungen (E5 und E10). Insgesamt wird ein **starkes Wachstum** erwartet. Vor allem der Bioethanolmarkt wird bis 2010 stark expandieren unter der Annahme, dass das EU-Beimischungsziel sowohl im Diesel- als auch im Ottokraftstoffsektor gleichgewichtig erreicht wird. Aber auch im Biodieselmärkte besteht noch Wachstumspotenzial. Der Markt für BtL wird sich wahrscheinlich in der nächsten Dekade mit wachsenden Anteilen etablieren. Biogas ist derzeit nicht im deutschen Treibstoffmarkt vertreten.

Der Einsatz von Biokraftstoffen führt zu einer Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Höhe der **CO<sub>2</sub>-Einsparungen** hängt vor allem von den verwendeten Herstellungsverfahren, den eingesetzten Rohstoffen und den verwendeten Energiequellen für die Konversion ab. Die Bandbreite der möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen ist sehr groß. Verschiedentlich wird deshalb eine Differenzierung der steuerlichen Förderung in Abhängigkeit von den CO<sub>2</sub>-Einsparungen diskutiert.

|                 | BtL  | Biogas  | Biodiesel und Pflanzenöl  | Bioethanol  |
|-----------------|--|---|---|---|
| Marktgröße 2004 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derzeit kein Markt, da noch im F&amp;E-Stadium</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derzeit keine Nutzung als Kraftstoff</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 950 Mio. €</li> <li>• 1,33 Mio. t Biodiesel und Pflanzenöl</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 Mio. €</li> <li>• 100.000 m<sup>3</sup> / 79.000 t</li> </ul>   |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: nicht marktrelevant</li> <li>• 2020: Marktwert von ca. 1,2–3,6 Mrd. € denkbar</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: nicht sinnvoll bestimmbar</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 15 % p. a.</li> <li>• 2020: 3–7 % p. a.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 73 % p. a.</li> <li>• 2020: weiter wachsend</li> </ul>   |
| Treiber         | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Steigerung regionaler Wertschöpfung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ EU-Kraftstoff-Direktive</li> <li>+ Enormes, aber bisher kaum erschlossenes Entwicklungspotenzial</li> <li>- Konkurrenz der einheimischen Rohstoffe gegenüber dem internationalen Markt</li> <li>- Hoher Aufwand für den Markteintritt</li> <li>- Zu überwindende technische und techno-ökonomische Hürden bei der Produktion</li> <li>- Sehr hohe Investitionskosten</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung preisgünstiger und kostenloser Produktionsnebenprodukte (Gülle)</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Preisen auf dem Weltenergiemarkt</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>- Hohe Anlagenkosten</li> <li>- Abhängigkeit von der Mineralölsteuerbefreiung</li> <li>- Unzureichendes Tankstellennetz mit Gasangebot</li> <li>- Konkurrenz um Anbauflächen für Biosubstrate</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Steigende Öl- und Dieselpreise</li> <li>+ Steuerliche Förderung (Beimischung, B5), EU-Kraftstoff-Direktive</li> <li>+ Technisch unproblematische Beimischung</li> <li>+ Dieselmärkte stark wachsend, gleichzeitig im Angebot „short“</li> <li>+ Mittel- bis langfristig Verwendung von B10 oder B20 möglich</li> <li>- Qualitätsdiskussion und Akzeptanzprobleme</li> <li>- Automobilhersteller nehmen Serienfreigaben zurück</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ EU-Kraftstoff-Direktive</li> <li>+ Steuerliche Förderung (0,65 €/l)</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Energiesicherheit</li> <li>+ Einkommens- und Beschäftigungseffekte Landwirtschaft</li> <li>+ Steigende Öl- und damit Benzinpreise</li> <li>- Technische Probleme (Dampfdruck, Wasser)</li> <li>- Ottokraftstoffmarkt in Europa „long“</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> <li>- Im internationalen Vergleich relativ hohe Herstellungskosten in Deutschland</li> </ul> |

Abbildung: Übersicht Biokraftstoffmarkt

## A Synthetische Biokraftstoffe

### 1 Zusammenfassung

Gasförmige und flüssige synthetische Biokraftstoffe (nachfolgend vereinfacht unter BtL zusammengefasst), die über eine chemische Synthese aus einem CO- und H<sub>2</sub>-haltigen Gas hergestellt werden, sind **bislang nicht marktreif**. Derzeit existieren nur **wenige Versuchs- und Pilotvorhaben** zur Vergasung von Biomasse, so dass es noch ein entsprechendes unerschlossenes Entwicklungspotenzial in Bezug auf Technik und Kosten gibt; dabei besteht bereits im F&E-Stadium ein hoher Investitionsaufwand. Synthetische BtL müssen sich zukünftig im Kraftstoffmarkt gegen bereits heute etablierte Biokraftstoffe – sog. Biokraftstoffe der ersten Generation – (Biodiesel und Bioethanol) sowie gegen konventionelle Otto- und Dieselmotorkraftstoffe durchsetzen. Zudem werden sie mit Synfuels auf Basis von GtL (Gas-to-Liquid), CtL (Coal-to-Liquid) respektive ggf. WtL (Waste-to-Liquid) konkurrieren müssen, die insbesondere in Hinblick auf die Rohmaterialkosten als attraktive Kraftstoffalternativen gesehen werden.

Bei der **Herstellung synthetischer Kraftstoffe** kann prinzipiell eine **Vielzahl unterschiedlicher biogener Ressourcen** zum Einsatz kommen; primär werden aber biogene Festbrennstoffe (z. B. Holz) verwendet. Vor dem Hintergrund eines zu erwartenden weiter wachsenden Absatzmarktes für Biokraftstoffe bieten BtL-Kraftstoffe deshalb langfristig insbesondere der **deutschen Land- und Forstwirtschaft** erhebliche **Absatzchancen**. Bei einer großen Bandbreite einsetzbarer Bioenergieträger steht sie allerdings im **Wettbewerb mit internationalen Nawaro-Anbietern**. Beispielsweise können die osteuropäischen Nachbarstaaten je nach regionalen Rahmenbedingungen und eingesetzten Nawaro bis zu 30 % kostengünstiger produzieren.

Durch die Produktion und den Einsatz synthetischer BtL ist eine erhebliche **Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen** in Höhe von 85 bis 90 % gegenüber fossilen Diesel- und Benzinkraftstoffen möglich. Die erwartete **deutliche Verbesserung der Emissionswerte** dürfte zu einer hohen Akzeptanz des Produktes im Markt führen. Im Markt wird erwartet, dass diese guten Produkteigenschaften auch zur Bereitschaft führen, höhere Preise für BtL zu zahlen.

Mit einer Marktreife von BtL ist vor 2010 nicht zu rechnen. Voraussetzung für einen **Markteintritt** ist die Überwindung technischer und ökonomischer sowie sozioökonomischer Hürden. Wann welche Option zur Herstellung von BtL eine **feste Marktposition** erreicht haben wird, hängt maßgeblich von der Verfügbarkeit und Etablierung relevanter Produktions- und Nutzungstechnologien sowie der Setzung der Rahmenbedingungen ab. Insgesamt ist aber bis 2020 mit einem **steigenden Marktanteil** zu rechnen. Unter günstigsten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ist ein BtL-Marktanteil von 2 bis 4 % (d. h. 59 bis 117 PJ/a) an der zu deckenden Energienachfrage für den Straßenverkehrssektor (Kraftstoffeinsatz) nach Einschätzung der Expertengruppe der Kraftstoffmatrix zu erwarten. Dies könnte für 2020 zu einem Nawaro-Absatz von ca. 6,4 bis 8,3 Mrd.  $t_{\text{Nawaro}}/a$  führen, was einem BtL-Marktwert von ca. 1,2 bis 3,6 Mrd. € entsprechen würde. Davon könnte ca. ein Drittel auf die Land- und Forstwirtschaft entfallen. Diese Berechnungen basieren auf den derzeit bekannten energetischen Wirkungsgraden und Kraftstoffbereitstellungskosten.

Für eine **Marktetablierung** in dieser Größenordnung ist aus heutiger Sicht eine Steuererleichterung bzw. -befreiung unabdingbar. Außerdem sind Fördermaßnahmen u. a. auf folgenden Ebenen erforderlich: Entwicklung und Umsetzung geeigneter Vergasungs-, Gasreinigungs- und Syntheseverfahren sowie Machbarkeitsanalysen zu zukünftigen Prozessverschaltungen, Infrastruktur und Logistik der Kraftstoffbereitstellung.



|               | Direkte Nutzung synthetischer BtL  | Synthetische BtL als Beimischung*  |
|---------------|--|--|
| Marktgröße    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derzeit kein Markt, da noch im F&amp;E-Stadium</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derzeit kein Markt, da noch im F&amp;E-Stadium</li> </ul>   |
| Marktwachstum | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: kein relevanter Marktanteil</li> <li>• 2020: Marktwert von ca. 1,2 bis 3,6 Mrd. € denkbar (siehe Wettbewerbssituation)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: kein relevanter Marktanteil</li> <li>• 2020: nicht abschätzbar aufgrund verschiedener Bandbreiten</li> </ul>  |
| Treiber       | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Steigerung regionaler Wertschöpfung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ EU-Kraftstoff-Direktive</li> <li>+ Hohes, aber bisher kaum erschlossenes Entwicklungspotenzial (insbesondere der Technik und damit verbunden auch der Kosten)</li> <li>- Konkurrenz der einheimischen Rohstoffe gegenüber dem internationalen Markt</li> <li>- Hoher Aufwand für den Markteintritt</li> <li>- Zu überwindende technische und techno-ökonomische Hürden bei der Produktion</li> <li>- Kraftstoffspezifischer Ausbau der relevanten Infrastruktur (z. B. DME, SNG, MeOH)</li> <li>- Sehr hohe Investitionskosten</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Steigerung regionaler Wertschöpfung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ EU-Kraftstoff-Direktive</li> <li>+ Enormes, aber bisher kaum erschlossenes Entwicklungspotenzial (insbesondere der Technik und damit verbunden auch der Kosten)</li> <li>- Konkurrenz der einheimischen Rohstoffe gegenüber dem internationalen Markt</li> <li>- Zu überwindende technische und techno-ökonomische Hürden bei der Produktion</li> <li>- Sehr hohe Investitionskosten</li> <li>- Förderabhängigkeit</li> </ul> |

\* Zumischung bedingt für MeOH, variabel für FT (ggf. auch in minderer Qualität) und generell für SNG möglich; DME als Reinkraftstoff eingesetzt

Abbildung: Übersicht über den Markt für synthetische Kraftstoffe

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Die **BtL-Herstellung** (Biomass-to-Liquid) erfolgt durch Synthese aus einem zuvor aus Biomasse produzierten Synthesegas. Derartige synthetische Kraftstoffe werden auch als **Designerkraftstoff** bezeichnet, da sich ihre verbrennungstechnischen Eigenschaften grundsätzlich bereits während der Bildung bzw. anschließenden Aufbereitung der Kohlenwasserstoffketten gezielt beeinflussen lassen, in erster Linie durch die Prozessparameter Druck und Temperatur sowie zum Einsatz kommende Synthese-Katalysatoren. Somit können ihre **Kraftstoffeigenschaften** den Anforderungen heutiger und zukünftiger Motorengenerationen angepasst werden. Der erforderliche Systemaufbau zur Herstellung derartiger Kraftstoffe aus Nawaro, von denen eine Reihe unterschiedlicher Treibstoffe derzeit in der Diskussion sind (s. u.), besteht im Wesentlichen aus **drei Prozessstufen**:

- thermo-chemische Konversion von Nawaro zu Rohgas (d. h. Vergasung oder Biogas-Reformierung aus Nawaro),
- Gasreinigung und -konditionierung zu einem geeigneten Synthesegas<sup>1</sup>,
- Kraftstoffsynthese und Aufbereitung der Syntheseprodukte.

|   | Methanol (MeOH)   | Dimethylether (DME)  | Fischer-Tropsch-Kohlenwasserstoffe (FT)  | Erdgas substitut (SNG)  |
|---|---|--|--|---|
| Heizwert (Dichte)                                 | ~ 20 MJ/kg (0,79 kg/l)  | ~ 28 MJ/kg (0,67 kg/l)   | ~ 44 MJ/kg (0,76 kg/l)   | ~ 50 MJ/kg (0,72 kg/m <sup>3</sup> )  |
| Kraftstoffäquivalent                              | 0,48 kÄ   | 0,59 kÄ  | 0,93 kÄ  | 1,9 m <sup>3</sup> kÄ   |
| Energetischer Wirkungsgrad                        | 43–58 %   | 25–55 %  | 30–60 %  | 35–65 %   |
| Ersatzkraftstoff/ Zumischrate                     | Zumischung zu Otto-KS (technische 15 %, DIN 3 %), MTBE-/RME-Produktion                                | Verwendung als reiner Diesel-KS, keine Zumischung möglich  | Nutzung als Reinkraftstoff oder variable Zumischung zu Otto-/Diesel-KS                             | Möglich nur variable Zumischung zu Erdgas oder Einsatz als Rein-KS          |
| Einsatzbereiche (Infrastruktur, Antriebskonzepte) | Aufgrund korrosiver Eigenschaften bestehende Infrastruktur nicht nutzbar; Einsatz in Brennstoffzellen | Neue WTT-Systeme (inkl. Anpassung der Infrastruktur) erforderlich; Adaption bestehender Dieselantriebe | Ohne Anpassung der bestehenden Infrastruktur in heutigen und zukünftigen Antriebskonzepten nutzbar | Nutzung der Erdgasinfrastruktur, Einsatz in adaptierten Verbrennungsmotoren |

*KÄ = Kraftstoffäquivalent; KS = Kraftstoff; WTT = Well to Tank*

*Abbildung: Synthetische Kraftstoffe zur direkten Nutzung oder als Zumischung zu konventionellen Otto- und Dieselmotoren*

1 Die Aufbereitung des Rohgases (i. d. R. hohe Teer- und Partikelgehalte, vergleichsweise niedrige H<sub>2</sub>/CO-Verhältnisse, je nach eingesetztem Brennstoff ebenso Verunreinigungen von Schwefel, Alkalien, Chlor usw.) zu einem definierten Synthesegas (d. h. bezogen auf das Verhältnis von H<sub>2</sub>/CO im Gas) erfolgt über entsprechende nasse oder trockene Gasreinigungsverfahren (z. B. Partikelfilter, Teer-cracking/-auswaschung, physikalische Wäschen oder Heißgaswäsche) sowie je nach vorhandenem CH<sub>4</sub>-Gehalt optional über eine weitere Reformierungsstufe.

| Produkt(gruppe)                    | Wertschöpfungsketten   |
|------------------------------------|--|
| Methanol (MeOH)                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitstellung Nawaro (d. h. Anbau, Ernte etc.) → Aufbereitung → ggf. Transport → Synthesegasherstellung → Gasreinigung/-konditionierung → Methanolsynthese → ggf. Produktaufbereitung → Transport zur Weiterverarbeitung/Endnutzung</li> </ul>                                   |
| Dimethylether (DME)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitstellung Nawaro (d. h. Anbau, Ernte etc.) → Aufbereitung → ggf. Transport → Synthesegasherstellung → Gasreinigung/-konditionierung → DME-Synthese (konventionell über MeOH-Synthese oder direkt) → Transport zur Weiterverarbeitung/Endnutzung</li> </ul>                   |
| Fischer-Tropsch-Benzin/Diesel (FT) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitstellung Nawaro (d. h. Anbau, Ernte etc.) → ggf. Transport → Aufbereitung → ggf. Transport → Synthesegasherstellung → Gasreinigung/-konditionierung → FT-Synthese → Produktaufbereitung (Hydrotreating, -cracking) → Transport zur Weiterverarbeitung/Endnutzung</li> </ul> |
| Erdgas substitut (SNG)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitstellung Nawaro (d. h. Anbau, Ernte etc.) → ggf. Transport → Aufbereitung → ggf. Transport → Synthesegasherstellung → Gasreinigung/-konditionierung → Methanisierung → SNG-Reinigung/-konditionierung → Transport zur Weiterverarbeitung/Endnutzung</li> </ul>              |

Abbildung: Wertschöpfungsketten synthetische Kraftstoffe

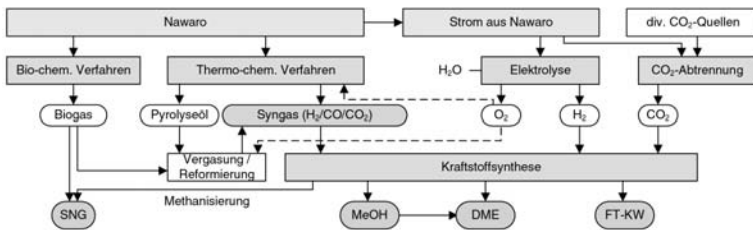
Bei der **Herstellung** synthetischer Kraftstoffe kann unter Berücksichtigung der entsprechenden Aufbereitungstechnologien eine **Vielzahl biogener Ressourcen** zum Einsatz kommen, wobei primär aber biogene Festbrennstoffe verwendet werden.

Geeignete Reaktoren für die **Vergasung** von Nawaro befinden sich aber bislang noch weitgehend im F&E-Stadium. Die bisher vorhandenen Entwicklungen im Bereich der Biomasse-Vergasung hatten zumeist nicht die Herstellung von Synthesegas zum Ziel, sondern die Produktgasverbrennung und -verstromung. Eine Evaluierung verfügbarer Verfahren für die Synthesegaserzeugung zeigt, dass je nach Leitungsgröße und Einsatzstoff allotherme Wasserdampf-Wirbelschichtvergaser, autotherme Sauerstoff-Wasserdampf-Wirbelschichtvergaser oder mehrstufige Vergasungsverfahren (Pyrolyse und Flugstromvergasung) grundsätzlich einsetzbar sind. Bezogen auf den Input an Biomasse liegen die zu erwartenden **Leistungsgrößen** bei mindestens 100 bis 250 MW<sub>th</sub> und darüber.

Je nach einzusetzender Kraftstoffsynthese unterscheiden sich die **Anforderungen**, die an das **Synthesegas** zu stellen sind. Ausschlaggebend sind primär die notwendige Gasreinheit (d. h. frei von Teer, Partikeln und Katalysatorgiften) sowie das H<sub>2</sub>/CO-Verhältnis. Verfahren zur **Gasreinigung und -konditionierung** (z. B. Wäscher, Dampfreformer) sind prinzipiell verfügbar, ihr Zusammenspiel ist jedoch noch nicht ausreichend erprobt. Für die **Kraftstoffsynthese** sind Verfahren wie u. a. die Fischer-Tropsch-Synthese sowie die bereits großtechnisch erprobte Methanolsynthese geeignet.

Bei allen Synthesen bedarf es der **Aufbereitung** des Synthese-Rohproduktes zu einem Kraftstoff mit definierten Eigenschaften.

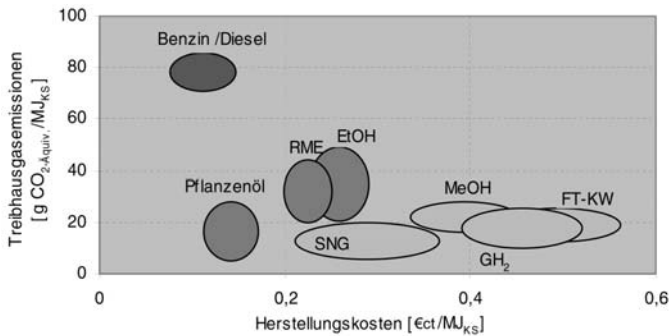
Obwohl die BtL-Kette versuchsweise demonstriert werden konnte, besteht insgesamt noch **erheblicher F&E-Bedarf** zur Weiterentwicklung und Optimierung. Dies betrifft insbesondere die Produktion eines geeigneten Synthesegases (d. h. Biomassevergasung und Gasaufbereitung).



*Gegenstand der Betrachtung innerhalb dieser Studie ist die indirekte DME-Synthese über Methanol. Weitere MTS/MTG-Prozesse waren nicht Gegenstand der hier diskutierten Wertschöpfungsketten.*

*Abbildung: Herstellungspfade von synthetischen Kraftstoffen im Überblick*

BtL zeichnen sich – ermittelt im Rahmen einer **ökologische Bewertung** – durch einen **geringen Primärenergieverbrauch** erschöpfbarer Ressourcen (für Herstellung ~0,13 bis 0,39 MJ/MJ<sub>KS, Hu</sub>) sowie daraus abgeleitet durch **niedrige Treibhausgas-Emissionen** aus. Zudem ist zu erwarten, dass sie aufgrund ihrer Eigenschaften (weitgehend Schwefel- und Aromatenfrei) bei der motorischen Nutzung geringere **Schadstoffemissionen** z. B. bei den Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>) und den Partikeln aufweisen. Durch den Einsatz synthetischer Kraftstoffe sind im Vergleich zu fossilen Otto- und Dieselmotoren **deutliche Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten** von bis zu 85 bis 90 % zu erwarten. Zusätzlich sind BtL auch gegenüber anderen (etablierten) Biokraftstoffen unter Klimaaspekten viel versprechend. Die Kosten zur Vermeidung klimarelevanter Emissionen im Verkehrsbereich liegen mit bis zu 400 €/tCO<sub>2</sub>Äq aber deutlich über Maßnahmen zur Substitution fossiler Energieträger durch Biomasse im Wärme- und Stromsektor (50 bis 100 €/tCO<sub>2</sub>Äq).



Grafik – eigene Darstellung auf Basis vorhandener Studien und eigener Berechnungen.

Abbildung: Ökologisch-ökonomische Gegenüberstellung von synthetischen Kraftstoffen im Vergleich zu anderen Kraftstoffen

### 3 Analyse des Marktes

Der **Kraftstoffverbrauch** in Deutschland betrug 2003 etwa 53,8 Mio. t. Der Biokraftstoff-Beitrag wurde dabei über **Biodiesel** gedeckt, dessen Absatz sich in den vergangenen Jahren mehr als verdreifacht hat. Der Anteil nicht-biogener alternativer Kraftstoffe (CNG und LPG) am Gesamtkraftstoffverbrauch ist marginal; eine Zunahme des Absatzes wird jedoch für die Zukunft erwartet. **BtL auf Basis von Nawaro** werden erst **deutlich nach 2010** auf dem Kraftstoffmarkt **signifikant** vertreten sein.

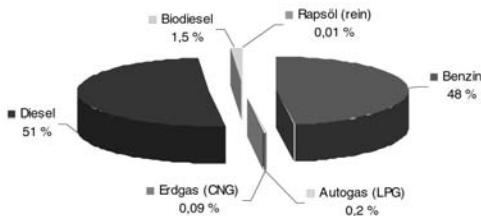


Abbildung: Kraftstoffmarkt in Deutschland 2003

BtL müssen sich zukünftig neben den bereits heute **verfügbaren Biokraftstoffen** (wie RME und Bioethanol) auf dem oligopolartigen Kraftstoffmarkt gegenüber konventionellen **Otto- und Dieselkraftstoffen** behaupten. Zudem werden sie mit Synfuels auf Basis von GTL (Gas-to-Liquid), CTL (Coal-to-Liquid) respektive ggf. WTL (Waste-to-Liquid) konkurrieren, die insbesondere in Bezug auf die Kosten der Ausgangsstoffe als attraktive Kraftstoffalternativen gesehen werden. Die **Marktrelevanz von BtL** wird daher auch in Zukunft von umweltpolitischen Maßnahmen, wie etwa einer Steuerbegünstigung, abhängen.

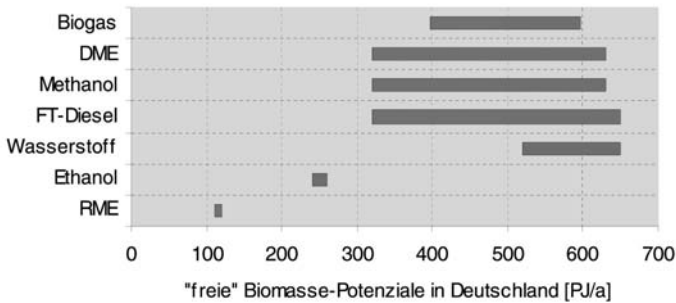
**Methanol** hat z. B. in der chemischen und petrochemischen Industrie eine große Bedeutung. Als Kraftstoff hingegen hat er an Attraktivität verloren (insbesondere in Form von MTBE).

Für eine direkte Nutzung viel versprechender sind hingegen **FT-Diesel und DME**, wobei die FT-Diesel durch die Möglichkeit, die bestehende Infrastruktur zu nutzen, Vorteile bieten. Langfristig gesehen könnten BtL als Brücke in die vielfach angestrebte **Wasserstoffwirtschaft** angesehen werden.

Bei steigendem Kraftstoffbedarf wird eine Abnahme des Anteils von konventionellen Kraftstoffen auf Mineralölbasis prognostiziert. Dennoch dürften **BtL bis 2010 keinen signifikanten Marktanteil** erreichen. Der gegenwärtige anlagentechnische Reifegrad – insbesondere bei der Synthesegaserzeugung – sowie die notwendige Vorlaufzeit für einen entsprechenden Bau von Konversionsanlagen machen die Verfügbarkeit großtechnischer Produktionsanlagen vor 2010 wenig wahrscheinlich. Für den Zeithorizont **2020** ist von einem **steigenden Marktanteil** auszugehen. Abhängig von der technischen Entwicklung könnte dann unter günstigsten Rahmenbedingungen ein Marktanteil von 2 bis 4 % am Kraftstoffverbrauch in Deutschland denkbar sein. Voraussetzungen hierfür sind neben der Entwicklung von großtechnischen Produktionsanlagen und dem Aufbau vorteilhafter Anlagen- und Logistikstrukturen auch eine kostengünstige Biomassebereitstellung.

Nur ein Teil des gesamten technischen Biomassepotenzials (etwa 1.520 PJ/a) kann für die Erzeugung von Biokraftstoffen genutzt werden, da relevante Stoffströme für die Strom- und Wärmeerzeugung berücksichtigt werden müssen. Daraus ergibt sich ein **nutzbares Potenzial** von in Summe etwa 700 PJ/a.

Das **Marktpotenzial** für synthetische Kraftstoffe aus Nawaro hängt entscheidend – wie auch bei anderen regenerativen Kraftstoffen – von den strategischen bzw. technischen **Vorgaben der Automobil- bzw.**



Die Grafik bezieht sich auf die für die Biokraftstoff-Produktion „freien“ (d. h. verfügbaren) Potenziale unter Berücksichtigung der angesprochenen Nutzungskonkurrenzen für die Strom- und Wärmebereitstellung auf der Basis von Biomasse. Dabei sind für die jeweiligen Kraftstoffe Bandbreiten angegeben.

Abbildung: Biomassepotenziale in Deutschland

**Motorenindustrie** ab. Technologiefortschritt werden zu sinkenden Herstellungskosten führen. Allerdings werden die Kosten auch in Zukunft wesentlich durch die Kosten für die Biomassebereitstellung beeinflusst.

Der Markt für BtL ist aufgrund der technischen Vorteile **weniger durch Substitutionsprodukte gefährdet**, als dass sich Nawaro gegen klassische Energieträger durchsetzen müssen. Wengleich sie den gleichen Markt bedienen, stehen synthetische Kraftstoffe mit anderen Biokraftstoffen hinsichtlich der **Nawaro-Bereitstellung** (z. B. in Konkurrenz. Sie haben jedoch den Vorteil, dass eine Vielfalt biogener Rohstoffe eingesetzt werden kann und dass BtL qualitativ hochwertige Kraftstoffe darstellen. Neben dem Rohstoffpotenzial sind für eine mögliche Substitution respektive Marktdurchdringung verschiedener Biokraftstoffe insbesondere die Herstellungskosten von entscheidender Bedeutung. Das folgende Schema veranschaulicht den Bezug der verfügbaren Potenziale zu den spezifischen Kraftstoffkosten. Die Kosten für fossile Kraftstoffe, d. h. ohne Steuern und sonstige Abgaben, liegen im Vergleich bei einem Niveau von etwa 0,19 bis 0,40 €/l.

Die **Bereitstellungskosten** der heute bereits verfügbaren Biokraftstoffe, speziell RME und Bioethanol, sind vergleichsweise niedrig bzw. liegen im Mittelfeld, wie aus obiger Abbildung ersichtlich ist. Dabei zeigt RME tendenziell geringere und Ethanol tendenziell höhere Potenziale; hier können mit nur geringen Mehrkosten im Vergleich zu RME deutlich höhere Potenziale erschlossen werden.<sup>2</sup> Die Produktion von synthetischen BtL bietet **vergleichsweise hohe Potenziale**, erfordert aber auch **entsprechend höhere Kosten**. Etwas geringer sind die Kosten und die Potenziale beim Biogas. Die Produktion von Wasserstoff ist – im Gegensatz zu Biogas und synthetischen Kraftstoffen – vergleichsweise sehr teuer; hier sind hohe Potenziale mit hohen Kosten erschließbar. Die Substitution von Biokraftstoffen wird damit zum einen von den unter den jeweiligen Kosten erreichbaren Mengen abhängen und zum anderen von den **Rahmenbedingungen** (z. B. steuerliche bzw. technische Restriktionen wie Abgasgrenzwerte).

In nahezu allen EU-Staaten gibt es F&E-Programme, politische Zielvorgaben und Anreizinstrumente zur **Förderung von Biokraftstoffen**. In Deutschland sind seit dem 1.1.2004 alle Biokraftstoffe (z. B. Pflanzenöl, RME, Bioethanol, Biogas, synthetische Kraftstoffe), auch in der Beimischung, von **steuerlich begünstigt**. Die Durchführungsverordnung gilt bis vorläufig Dezember 2009, erlaubt jedoch Anpassungen des Gesetzes bei Überkompensation oder Marktstörungen. Außerdem haben sich die **Automobilhersteller** dazu verpflichtet, die durchschnittlichen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, und zwar bis 2008 auf 140 g<sub>CO</sub> /km und bis 2012 auf 120 g<sub>CO</sub> /km.

Die Mineralölsteuerbegünstigung für Biokraftstoffe führt dazu, dass Mineralölkonzerne zunehmend regenerative Kraftstoffe konventionellen Otto- und Dieselmotoren zumischen. Kurzfristig werden deshalb die Marktanteile für Biodiesel und Bioethanol (Zumischung als ETBE) in Deutschland wachsen. Damit BtL-Kraftstoffe in den Markt eintreten und mit etablierten Kraftstoffen konkurrieren können, erscheinen weiterführende Förderinitiativen (insbesondere im Bereich von F&E) sinnvoll.

---

2 Der Bezug hier betrifft Bioethanol der ersten Generation, d. h. auf Basis von zucker- bzw. stärkehaltigen Pflanzen. Großtechnisch erzeugter Bioethanol aus Lignozellulose (z. B. nach dem IOGEN-Verfahren) ist hier nicht Gegenstand.



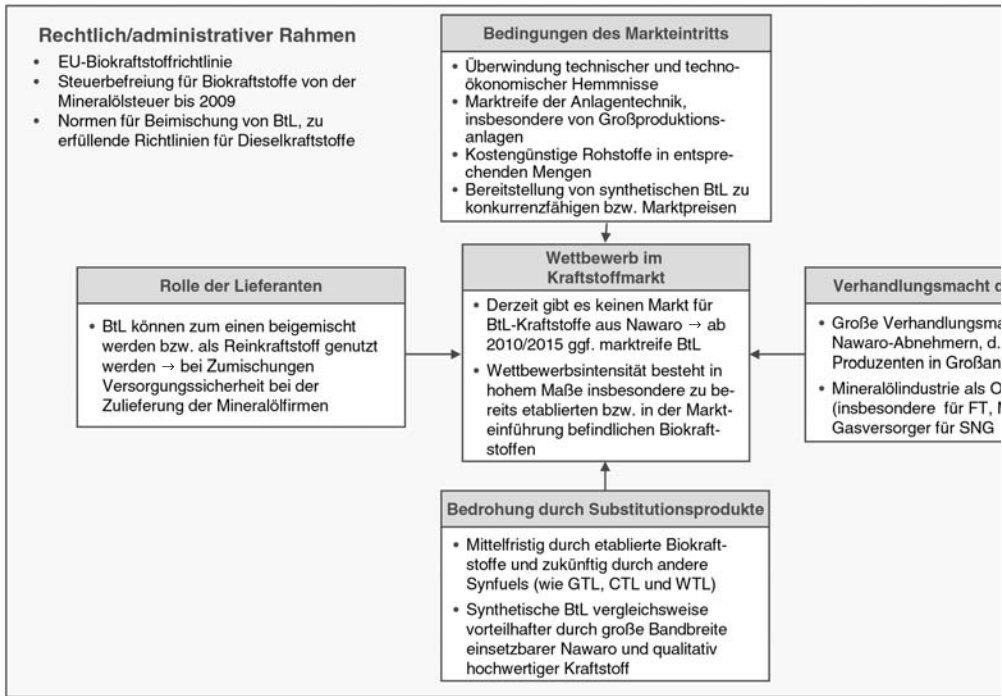
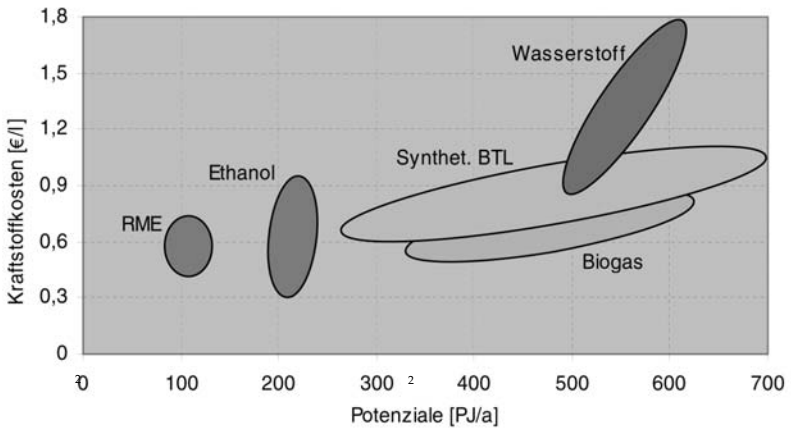


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Markt für BtL-Kraftstoffe



\* Potenzialangaben sind als max. Potenziale zu sehen und beruhen auf der Annahme, dass 2 Mio. ha für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung stehen; die Potenziale beziehen sich jeweils auf die gesamte Anbaufläche und dürfen nicht addiert werden.

Abbildung: Kraftstoffkosten und erschließbare Potenziale für Biokraftstoffe (eigene Darstellung, ohne Einspeisestation)

| Stärken  | Schwächen  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Große Vielfalt an einsetzbarer Biomasse (insbes. Lignozellulose)</li> <li>• Höhere spezifische Flächenerträge in Größenordnungen von bis zu 3.230 l/(ha*a) verglichen mit Biodiesel und Bioethanol durch den möglichen Einsatz von Ganzpflanzen</li> <li>• Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen gegenüber bereits etablierten Biokraftstoffen → neben Wasserstoff eine Alternative zur Erfüllung zukünftiger Emissionsgrenzwerte</li> <li>• Einsatz in heutiger Antriebstechnik sowohl als Beimischung als auch als Reinkraftstoff möglich</li> <li>• Im Vergleich zum Wasserstoff moderater Aufwand zur Kraftstoff-Nutzung (vorhandener Infrastruktur für die Bereitstellung von synthetischen BtL)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleichsweise aufwändige und bisher noch nicht vollständig entwickelte Bereitstellungskette für synthetische BtL-Kraftstoffe durch thermo-chemische Konversion mit anschließender Synthese (Komplexität und Verfügbarkeit der Anlagenkomponenten sowie Zusammenspiel selbiger)</li> <li>• Hohe zu erwartende Herstellungskosten machen synthetische BtL-Kraftstoffe auch unter Berücksichtigung zukünftig stark steigender Mineralölpreise nur mit staatlichen Subventionen wettbewerbsfähig</li> <li>• Hoher Energieverbrauch bei der Umwandlung der Biomasse zu Treibstoff</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrs- respektive Kraftstoffsektor insbesondere in Europa ein sehr großer Markt (hoher Kraftstoffbedarf bei sinkender Nachfrage nach Kraftstoffen auf Mineralölbasis; maßgeblich bedingt durch steigendes Preisniveau für Erdöl)</li> <li>• Durch große Bandbreite einsetzbarer Biomasse sowie hohe erforderliche Mengen an Nawaro verbunden mit möglicher Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion in Deutschland (regionale Wertschöpfung) sowie den angrenzenden EU-Staaten</li> <li>• Synthetische BtL (insbes. FT, SNG) problemlos in heutiger und zukünftiger Antriebstechnologie einsetzbar sowie als Baustein hin zum Brennstoffzellenantrieb und damit zur Wasserstoffwirtschaft</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke Konkurrenz innerhalb der Mineralölindustrie, insbesondere durch andere, bereits heute etablierte Biokraftstoffe (Biodiesel und Bioethanol)</li> <li>• Sehr hohe Investitionskosten bereits in der F&amp;E-Phase</li> </ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für die Produktion synthetischer Biokraftstoffe

## 4 Relevante internationale Erfahrungen

Die **Produktion und Nutzung von synthetischen Biokraftstoffen (BtL)** ist als **Kernziel in der Kraftstoffstrategie** vieler namhafter Marktteilnehmer – sowohl im Bereich der Automobilindustrie als auch in der Mineralölindustrie – enthalten. Es wurden bereits erhebliche F&E-Aktivitäten, allerdings mit unterschiedlichen Schwerpunkten, entfaltet. Sowohl in Deutschland als auch im Ausland existieren einige **Versuchs- und Pilotvorhaben**. Beispielhafte Markteinführungsprogramme für BtL sind – aufgrund der nicht verfügbaren Technik – bislang nicht bekannt.

In **Deutschland** sind u. a. die folgenden Vorhaben relevant:

- Kooperation von Daimler Chrysler und VW mit Choren Industries GmbH in Freiberg, die über das CarboV-Verfahren den ersten BtL-Kraftstoff (sogenannte „SunDiesel“ als MeOH, FT-KW) produzieren und in Lubmin die erste von weiteren geplanten kommerziellen Anlagen umsetzen wollen,
- Versuchsanlage zur FT-Synthese der CUTEC-Institut GmbH in Clausthal-Zellerfeld,
- Forschungsanlage im Forschungszentrum Karlsruhe (FZK),
- Forschungsarbeiten an der TU Bergakademie Freiberg (IEC),
- BtL-Informationsplattform (Projektträger FNR) mit dem Ziel, Synergieeffekte bei Forschung, Entwicklung und Kommunikationsmaßnahmen zu BtL-Kraftstoffen zu schaffen.

In **Europa** gibt es u. a. die nachfolgend aufgeführten Anlagen bzw. Projekte:

- Pilotanlage (Wirbelschichtvergaser) in Güssing, Österreich, (8 MW) mit F&E-Komponente zur Produktion von MeOH, FT-KW und SNG.
- Projektierung einer Anlage zur DME-Produktion aus Schwarzlauge von Chemrec AB in Schweden,
- EU-Projekt CHRISGAS: Biomasse-IGCC u. a. zur BtL-Produktion in Värnamo, Schweden,
- EU-Projekt RENEW: Technologieentwicklung (u. a. Choren, FZK, CUTEC) unter Leitung und Einbindung der Automobilpartner VW, DaimlerChrysler, Renault und Volvo; Evaluierung der Entwicklungsarbeiten nach technischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten (u. a. IE Leipzig, ESU).

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Boerrigter, H./Zwart, R. W. R.: High efficiency co-production of Fischer-Tropsch (FT) transportation fuels and Substitute Natural Gas (SNG) from biomass. Energy Research Institute of the Netherlands (ECN), Februar 2004
- Bundesregierung (Hrsg.): Nachhaltigkeitsstrategie für Deutschland. Fortschrittsbericht 2004, Berlin, Oktober 2004
- Contact Group: Market Development of Alternative Fuels. Report of the Alternative Fuels Contact Group (following the European Commission), Dezember 2003
- Dimmig, T./Olschar, M./Kuchling, T./Kaltschmitt, M./Kalies, M.: Sekundärenergieträger aus Biomasse – Eine Analyse. Forschungsvorhaben der FNR, Freiberg, Dezember 2003
- EURCAR/CONCAWE/JRC: Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, Version 1, November 2003
- European Commission: European Energy and Transport Trends to 2030. European Commission, Directorate General for Energy and Transport, Januar 2003
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR): Basisdaten Biokraftstoffe, Januar 2005
- Hofbauer, H./Kaltschmitt, M./Bolhar-Nordenkamp, M./Vogel, A.: Evaluierung der Biomassevergasung im Hinblick auf die Produktion von Fischer-Tropsch-Kraftstoffen. Forschungsvorhaben der FNR, Leipzig, April 2003
- Kaltschmitt, M./Vogel, A./Reichmuth, M.: Potentials of BtL-Fuels in Consideration of Economic Aspects. Vortrag zum Symposium Synthetische Biokraftstoffe, Wolfsburg, 3.–4. November 2004
- Ramesohl, S./Merten, F./Fischedick, M./vor der Brüggen, M.: Bedeutung von Erdgas als neuer Kraftstoff im Kontext einer nachhaltigen Energieversorgung. Kurzzusammenfassung. Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, September 2003
- Remmele, E./Widmann, B.: Positionspapier Rapsölkraftstoff. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.), Straubing, April 2004
- Specht, M./Zuberbühler, U./Bandi, A.: Kraftstoffe aus erneuerbaren Ressourcen – Potenziale, Herstellung, Perspektiven. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart, 2004
- Vogel, A./Bolhar-Nordenkamp, M./Kaltschmitt, M./Hofbauer, H.: Systemkonzepte zur Produktion von Fischer-Tropsch-Biokraftstoffen, BKW, Springer-VDI-Verlage, März 2004, S. 57–62

## B Biogas

### 1 Zusammenfassung

Ende 2004 waren ca. **2.000 Biogasanlagen** mit einer installierten Leistung von 250 MW<sub>el</sub> in Betrieb. Ende 2005 waren rund 2.700 Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 650 MW<sub>el</sub> in Betrieb. Für das Jahr 2006 werden bereits über 3000 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 900 bis 1.000 MW<sub>el</sub> erwartet. Wachsende Erfahrungen sorgen für eine zunehmend **verlässliche** und **ausgereifte Technologie**, die zudem am Markt gut etabliert ist. Die Erzeugung von Biogas ist infolge des EEG ein stark wachsender Markt. Die Biogasnutzung erfolgt bisher **ausschließlich zur Strom- und Wärmeerzeugung**. Eine Nutzung von Biogas als **Treibstoff** erfolgt in Deutschland bislang nur in Pilotprojekten.

Zurzeit ist die Biogasproduktion durch den **Einsatz von Gülle und zunehmend Nawaro** geprägt. Mittelfristig ist zu erwarten, dass sich der Markt für Biogassubstrate aus Nawaro weiterwickeln wird. Der Preis für den Einsatz von Nawaro ist jedoch schwer kalkulierbar. Die aufgrund hoher Transportkosten notwendige **lokale Nähe** von etwa 20 km zwischen Biomasseanfall und Biogasanlage führt nur eingeschränkt zu einer Marktkonkurrenz aus dem Ausland; Biogassubstrate werden bisher in größerem Umfang weder im- noch exportiert.

Die Nutzung von **Biogas als Treibstoff** wird voraussichtlich kurzfristig nur in Einzelfällen Bedeutung erlangen, da derzeit die Verstromung über das EEG lukrativer ist. **Voraussetzung** für einen Einsatz im Traktionsbereich ist in der Regel die **Aufbereitung auf Erdgasqualität**. In dem Maße, in dem Erdgas als Treibstoff genutzt wird, könnte auch Biogas Verwendung finden. Für das Entstehen eines Marktes ist u. a. die Ausweitung des Netzes mit Erdgastankstellen notwendig.

Die Verwendung von Biogas würde die Versorgungssicherheit mit Kraftstoff auf Basis heimischer Energierohstoffe erhöhen. Zusätzlich könnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber Mineralölprodukten reduziert werden. Da Biogas als Treibstoff bisher nur in Pilotprojekten Verwendung findet, sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt weder Marktwachstum noch Einkommenspotenzial für die Landwirtschaft sinnvoll bestimmbar.

| Biogas aus Nawaro |   |
|-------------------|---|
| Marktgröße        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derzeit keine Nutzung als Kraftstoff</li> </ul>  |
| Marktwachstum*    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: nicht sinnvoll bestimmbar</li> </ul>   |
| Treiber           | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nutzung preisgünstiger und kostenloser Produktionsnebenprodukte (Gülle)</li> <li>+ CO<sub>2</sub>-Minderung</li> <li>+ Versorgungssicherheit</li> <li>+ Preisneutralität gegenüber Preisen auf dem Weltenergiemarkt</li> <li>+ Preisgünstiger Brennstoff</li> <li>- Hohe Anlagenkosten</li> <li>- Abhängigkeit von der Mineralölsteuerbefreiung</li> <li>- Unzureichendes Tankstellennetz mit Gasangebot</li> <li>- Konkurrenz um Anbauflächen für Biosubstrate</li> </ul> |

\* Inflationsbereinigt

Abbildung: Übersicht über den Biogasmarkt

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Biogas ist ein **Wasserdampf-gesättigtes Mischgas**, das unter anaeroben Bedingungen beim biologischen Abbau organischen Materials entsteht. Es setzt sich aus 50 bis 70 % Methan, 25 bis 45 % Kohlenstoffdioxid, 2 bis 7 % Wasser sowie diversen Spurenbestandteilen zusammen, u. a. 20 bis 20.000 ppm Schwefelwasserstoff, weniger als 2 % Stickstoff, weniger als 2 % Sauerstoff und weniger als 1 % Wasserstoff. Der Brennstoff (Wertstoff) im Biogas ist Methan mit einem unteren Heizwert von 9,97 kWh/m<sup>3</sup>. Biogas kann aus Nawaro, aus Rückständen oder Nebenprodukten von Nawaro sowie aus organischen Abfällen hergestellt werden. Hier wird nur die Biogaserzeugung aus Substraten der landwirtschaftlichen Primärproduktion betrachtet.

| Produkt(gruppe)                                     | Wertschöpfungsketten  |
|---|---|
| Biogas aus Nawaro                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbau Nawaro → Ernte → Transport → Aufbereitung, Lagerung evtl. Silierung → evtl. zusätzlicher Transport → anaerobe Fermentation in einer Biogasanlage → Biogasaufbereitung und -konditionierung → Biogaseinspeisung ins (Erdgas-)Netz → Nutzung des Gases als Treibstoff in entsprechenden Fahrzeugen</li> </ul>                                |
| Biogas aus Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sammeln, Verfügbarmachung der Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle → Transport → evtl. Aufbereitung → evtl. Lagerung → evtl. Transport → anaerobe Fermentation in einer Biogasanlage → Biogasaufbereitung und -konditionierung → Biogaseinspeisung ins (Erdgas-)Netz → Nutzung des Gases als Treibstoff in entsprechenden Fahrzeugen</li> </ul> |

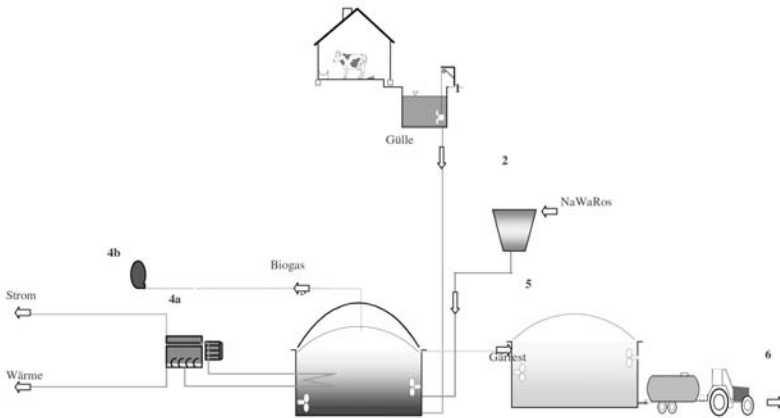
Abbildung: Wertschöpfungsketten Biogas

Die **Substratbereitstellung** wird – wie auch der zugrunde liegende **Pflanzenanbau** – mit bewährten landwirtschaftlichen Techniken realisiert. Die **Biogastechnologie** ist aufgrund der bio-chemischen Konversion ein sensibler Prozess, der aus verfahrenstechnischer Sicht optimal gefahren werden muss, um einen stabilen Abbau sicherzustellen. Die **Nassvergärung** gilt dabei als erprobt und funktioniert im Allgemeinen problemlos. Es sind ausgereifte Komplettanlagen mit sehr unterschiedlichen an die jeweiligen Substrateigenschaften speziell angepassten verfahrenstechnischen Lösungen auf dem Markt verfügbar (u. a. kontinuierliche- und Batch-Verfahren; verschiedene Reaktortypen). **F&E-Bedarf** besteht noch zu speziellen Fragestellungen, u. a. zur Optimierung des anaeroben Abbaus und der Überwachung des Gärprozesses. Typischerweise wird die **Gülle** in einen luftdicht abgeschlossenen Reaktor (Fermenter) gepumpt. Zusätzlich können verschiedene organische Materialien wie beispielsweise **Nawaro oder sonstige organischen Rückstände der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion** zugegeben werden. In diesem Fermenter entsteht mithilfe verschiedener Mikroorganismen das Biogas. Das vergorene Substrat gelangt anschließend in ein Gärrestelager.

Um das **Biogas als Treibstoff** zu verwenden, muss es auf **Erdgasqualität aufbereitet** werden. Typische Verfahren dazu sind die Druckwechselsorption oder die Gaswäsche (z. B. Druckwasserwäsche), die beide bewährt sind. Auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas kann dann in den üblichen Erdgastankstellen verkauft werden.

Da der biologische Abbauprozess störungssensibel ist, müssen die Anlagen bezüglich der biochemischen Prozesse weiter optimiert werden (d. h. Verhindern eines „Umkippen“, optimale Reaktorbelastung, Verweilzeiten). Forschungsbedarf besteht insbesondere zu folgenden Themen:





Quelle: IE et al.: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, 2004

Abbildung: Schematische Darstellung einer typischen Biogasanlage (ohne Aufbereitung)

- effiziente Bereitstellung der Nawaro,
- vermehrter oder ausschließlicher Einsatz von Nawaro in entsprechend angepassten Biogasanlagen,
- verbesserte Steuerung und Regelung des Biogas-Anlagenbetriebs,
- Verbesserung der Anlagentechnik zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität,
- Erprobung der Gaseinspeisung in das Erdgasnetz,
- Verwendung von Biogas als Treibstoff im praktischen Betrieb.

Umweltstudien kommen zu der folgenden **ökologischen Bewertung** von Biogas. Mais, Raps, Getreide sowie Zuckerrüben und andere Pflanzen als Substrate für Biogasanlagen können wirtschaftlich nur im konventionellen oder integrierten Landbau produziert werden. Damit sind mit ihrer Bereitstellung u. a. Emissionen der eingesetzten Landmaschinen (z. B. Dieselpartikel), eine potenzielle Belastung des Grundwassers aufgrund

des Düngemittleinsatzes oder auch Bodenerosion durch den Ackerbau verbunden. Diese Umwelteffekte bewegen sich aber in demselben Rahmen, wie sie auch von der landwirtschaftlichen Nahrungs- und Futtermittelproduktion bekannt sind, oder liegen z. T. deutlich darunter.

Da die **Energiedichte** von Nawaro im Vergleich zu fossilen Energieträgern geringer ist, muss je Energieeinheit mehr Masse transportiert werden. Zwar sind somit die durch den Transport verursachten Umweltbelastungen höher als beim Transport von fossilen Energieträgern, die Transportentfernungen sind aber im Allgemeinen wesentlich geringer. Insgesamt sind damit die Umwelteffekte des Transports meist geringer im Vergleich zu denen fossiler Energieträger. Die **Umwelteffekte** der anaeroben Fermentation entsprechen denen jeder anderen bioverfahrenstechnischen Anlage und liegen in der aus anderen Industriebranchen bekannten Größenordnung. Sie sind zudem gesetzlich geregelt. Potenzielle Umweltprobleme kann es im Allgemeinen nur in Störungsfällen (z. B. Leckagen an Gasleitungen, Schaumbildung im Reaktor und Überlauf) geben, die aber bei einem ordnungsgemäßen Betrieb und einer regelmäßigen Wartung vermeidbar sind.

Fermentierte Gülle und andere Substrate (z. B. Maissilage) emittieren wesentlich **weniger Geruchsstoffe** als unbehandelte, da die Geruchsstoffe im Reaktor abgebaut werden. So ist die Ausbringung von vergorenem Substrat im Vergleich zu Gülle im Allgemeinen mit geringeren Freisetzungen an unerwünschten Emissionen verbunden. Dies wird auch von der Ausbringungstechnik beeinflusst (z. B. Schleppschlauchverfahren).

Ein **Methaneinsatz als Kraftstoff** in Kraftfahrzeugen ist im Vergleich zu flüssigen Kraftstoffen mit Umweltvorteilen verbunden, die – mit Ausnahme der Klimawirksamkeit – etwa in der gleichen Größenordnung wie bei Erdgasfahrzeugen liegen. Das bei der motorischen Verbrennung von Biogas **freigesetzte CO<sub>2</sub>** gilt als **klimaneutral**, da es beim Wachstum der Pflanze der Atmosphäre entzogen wurde. Aufgrund der Vermeidung von Methan- und ggf. Lachgasemissionen, die bei der konventionellen Güllewirtschaft freigesetzt werden, sind Biogasanlagen je nach Anlagenkonfiguration in der Regel **Klimagas-Senken**. Außerdem kommt es zu einer Gülleaufwertung, da der im Gärsubstrat vorhandene Stickstoff infolge der Fermentation pflanzenverfügbarer ist und dadurch Mineraldünger z. T. eingespart werden kann.

### 3 Analyse des Marktes

Etwa 0,4 % (ca. 248 Mio. €/a) des **Stromverbrauches** wurden im Jahr 2004 durch Biogasanlagen abgedeckt. Aufgrund des EEG hat der Zubau an Biogasanlagen auf der Basis landwirtschaftlicher Substrate eine erhebliche Dynamik erfahren. 2003 wurden 160 neue Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 30 MW errichtet, 2004 folgten weitere 250 Anlagen mit ca. 55 MW. Für 2005 werden mehr als 600 neue Anlagen geschätzt; auch in den kommenden Jahren ist von großen Steigerungen der Biogasproduktion zur Stromerzeugung auszugehen. Insgesamt waren Ende 2004 etwa 2.000 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von etwa 250 MW und einer potenziellen Jahresstromerzeugung von ca. 1,7 TWh/a in Betrieb. Die reale Erzeugung lag aufgrund des über das Jahr verteilten Zubaus mit etwa 1,35 TWh etwas darunter.

Das Potenzial von Biogas liegt bei ca. 260 PJ/a. Davon entfallen 96 PJ/a auf tierische Exkrememente und Einstreu, ca. 30 PJ/a basieren auf halmgutartigen Rückständen. Industrielle Rückstände und kommunale Abfälle haben ein Biogaspotenzial von ca. 12 bzw. 15 PJ/a. Unter der Annahme, dass etwa 555.000 ha Land zum Anbau von Nawaro zur Biogasproduktion zur Verfügung stehen, kann ein Energiepotenzial von ca. 85 PJ/a erzielt werden. Derzeit könnten 0,8 % des gesamten Erdgasverbrauchs in Deutschland in Höhe von 2.520 PJ/a durch bereits errichtete Biogasanlagen gedeckt werden.

**Wirtschaftliche Biogas-Anlagengrößen** liegen derzeit typischerweise bei ca. 100 bis über 300 m<sup>3</sup>/h Biogasproduktion. Bei Anlagen zur Einspeisung würden wegen ökonomischer Überlegungen tendenziell noch größere Anlagen in Betracht kommen. Die aufgrund der hohen Transportkosten erforderliche lokale Nähe der Biogasanlage zur Nawaro-Produktion von ca. 20 km kann auch für die Nähe zur nächsten geeigneten Erdgasleitung angenommen werden.

Mitte 2005 gibt es in Deutschland rund **600 Erdgastankstellen**, in denen grundsätzlich auch Biogas verkauft werden könnte (z. B. als „grünes Gas“ wie u. a. in der Schweiz), sowie **ca. 32.000 mit Erdgas betriebene Fahrzeuge**<sup>3</sup> (überwiegend PKW, aber auch Busse und LKW), die u. a. als Kommunalfahrzeuge mit einem im Allgemeinen geringen Aktionsradius

---

3 [www.gibgas.de](http://www.gibgas.de), Angabe für das erste Halbjahr 2005.

betrieben werden. Der **Erdgasverbrauch als Kraftstoff** liegt bei 500.000 MWh (1,8 PJ) im Jahr 2004. Weniger als zehn große **Automobilhersteller** bieten derzeit mit Erdgas betriebene Fahrzeuge am Markt an. Zukünftig ist mit einer starken Zunahme an Erdgasfahrzeugen zu rechnen, die prinzipiell problemlos mit aufbereitetem Biogas betrieben werden könnten.

Biogas wurde in Deutschland bislang nur in **Pilotanlagen** als Treibstoff für den Traktionsbereich verwendet. Es existiert keine kommerzielle Biogasanlage, deren aufbereitetes Gas als Treibstoff verwendet wird. In 2005 wurde als Pilotanlage eine Biogas-Tankstelle in der Nähe von Soltau in Betrieb genommen.

Da es derzeit **kaum eine Biogasnutzung über Tankstellen** gibt, ist die **Marktentwicklung** im Bereich der Biogaseinspeisung und der Nutzung dieses eingespeisten Gases im Traktionsbereich offen. Sie dürfte wesentlich von den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Energiewirtschaftsgesetz) und dem Erfolg der laufenden F&E-Aktivitäten abhängen. Es zeichnet sich eine Verbesserung der Einspeisemöglichkeiten von Biogas in das Erdgasnetz ab, wodurch eine Einführung von Biogas-Tankstellen erst möglich wird. Wahrscheinlich bleibt die Verstromung von Biogas weiterhin die lukrativste Nutzungsvariante, so dass sich der Biogasmarkt bei fortwährender Förderung weiter ausdehnt.

Zur Nutzung von Biogas als Treibstoff sind neben der **Biogasanlage** auch die **Biogas-Aufbereitungsanlage** und die **Biogastankstelle** erforderlich. Die Investitionskosten für eine Biogasanlage mit Gasaufbereitung liegen je nach Output zwischen 1,3 und mehreren Mio. €. Zum Markteintritt müssen im Falle der Gaseinspeisung günstige gesetzliche Rahmenbedingungen geschaffen werden. Lokale Tankstellen an der Biogasanlage sind nur dann wirtschaftlich, wenn beispielsweise die betriebseigene Fahrzeugflotte betankt werden könnte und dadurch eine völlig andere Wirtschaftlichkeitsbetrachtung möglich ist. In der Regel ist aber die Energienachfrage am Anlagenstandort zu gering. Soll die Anzahl der mit Biogas betriebenen Fahrzeuge erhöht werden, müsste das vorhandene Gastankstellennetz genutzt und weiter ausgebaut werden. Die Investitionskosten einer (Bio-)Gastankstelle liegen in etwa bei 200.000 €. Davon entfallen 160.000 € auf die Investitionskosten inkl. Speicher, Kompressor, Zapfsäule für 100 m<sup>3</sup>/h und Regelstrecke sowie 40.000 € auf die Installation inkl. Rohrleitungen.

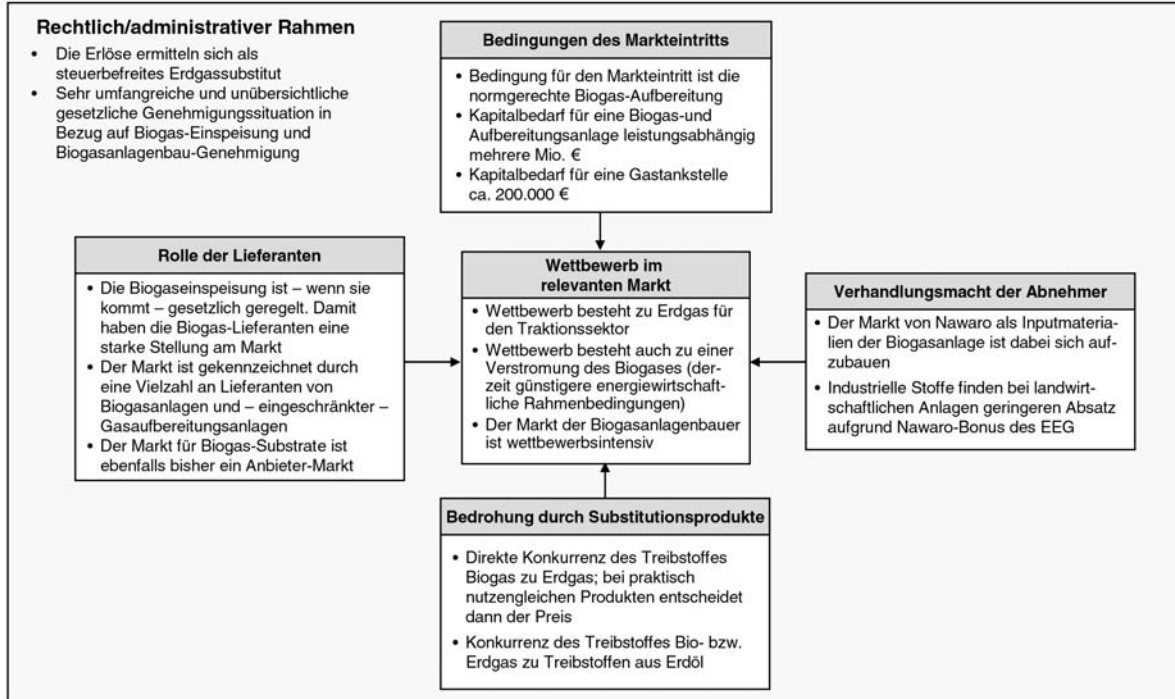


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im deutschen Biogasmarkt

| <b>Biogasanlage</b>   |                        |                       |                       |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                       | Gülle 90% / NawaRo 10% |                       |                       |
| Biogas Output         | 50 m <sup>3</sup> /h   | 250 m <sup>3</sup> /h | 500 m <sup>3</sup> /h |
| BHKW-Modul            | 99 kW                  | 544 kW                | 1155 kW               |
| <b>Investition</b>    | 463.387 €              | 1.575.575 €           | 2.716.255 €           |
| Technik               | 221.170 €              | 573.260 €             | 902.570 €             |
| Bauliche Anlagen      | 192.545 €              | 833.263 €             | 1.518.025 €           |
| Sonstiges             | 49.672 €               | 169.052 €             | 295.660 €             |
| <b>Betriebskosten</b> | 82.131 € /a            | 282.315 € /a          | 562.009 € /a          |
| <b>Aufbereitung</b>   |                        |                       |                       |
| Biogas Output         | 50 m <sup>3</sup> /h   | 250 m <sup>3</sup> /h | 500 m <sup>3</sup> /h |
| Investition           | 530.000 €              | 860.000 €             | 1.000.000 €           |

Abbildung: Kosten für eine Biogasanlage und die Aufbereitung  
(eigene Berechnungen, ohne Einspeisestation)

Die Gefahr, dass Nawaro als Biogassubstrate **substituiert** werden, ist infolge der gesetzlichen bzw. energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen gering. Die Erzeugung von Biogas steht mit der Erzeugung von anderen Bioenergeträgern (z. B. Biodiesel, feste Biobrennstoffe) hinsichtlich der Nawaro-Bereitstellung und damit der Flächenverfügbarkeit in Konkurrenz. Dies gilt jedoch nicht für bestimmte Rückstände und Nebenprodukte (z. B. Gülle), die nahezu ausschließlich zur Biogaserzeugung genutzt werden können.

Der **Preis** für 1 kg Erdgas aus einer Tankstelle beträgt ca. 0,80 bis 1,20 € bzw. 6 bis 9 ct/kWh. Nur unter optimalen Bedingungen und aufgrund der Befreiung von der Mineralölsteuer kann aufbereitetes Biogas mit den derzeitigen Erdgaspreisen konkurrieren. Bei einem **Vollkostenvergleich** (Investitionen, Betriebs- und Brennstoffkosten) wäre Biogas als Treibstoff ohne Förderung nur dann konkurrenzfähig, wenn der Gas-Tankstellenpreis mindestens 7 ct/kWh beträgt.

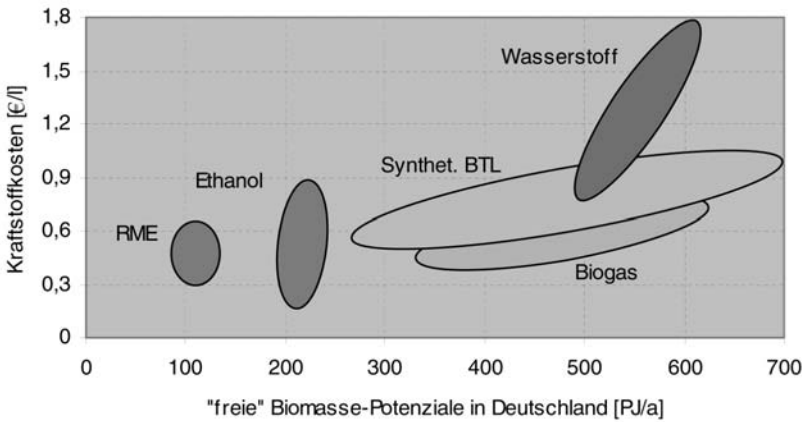


Abbildung: Bereitstellungskosten für Biokraftstoffe

Im Vergleich zu anderen Biokraftstoffen kann Biogas **relativ günstig produziert** werden. Der Markt für Biogas als Treibstoff ist weniger durch Substitutionsprodukte gefährdet, als dass sich Nawaro gegen klassische Energieträger (d. h. Erdgas bzw. ggf. fossiler flüssiger Kraftstoff) durchsetzen müssen. Neben dem Rohstoffpotenzial sind für eine mögliche Substitution respektive Marktdurchdringung verschiedener Biokraftstoffe insbesondere die **Herstellungskosten** von entscheidender Bedeutung (zum Vergleich: fossile Kraftstoffkosten liegen derzeit auf einem Niveau von etwa 0,19 bis 0,45 €/l bzw. 2 bis 5 ct/kWh). Unabhängig davon wird die Substitution von Biokraftstoffen durch Biogas zum einen von den unter den jeweiligen Kosten bzw. Preisen absetzbaren Mengen und zum anderen von den Rahmenbedingungen abhängen (z. B. steuerliche bzw. technische Restriktionen wie Abgasgrenzwerte).

Die gegenwärtig und perspektivisch hohe Energienachfrage im **Verkehrssektor** stellt ein **hohes Absatzpotenzial** zur Nutzung von Biogas dar. Es ist keine Umstellung von Erdgasfahrzeugen zur Nutzung von aufbereitetem Biogas (nach den DVGW-Arbeitsblättern G260 und G262) nötig. Aus rechtlich-administrativer Sicht ist der Einsatz von Biogas in Gastankstellen möglich. Die umfangreiche Gesetzgebung zur Genehmi-

gung von Biogasanlagen ist bei der Anlagengenehmigung hinderlich, sollte aber aus Sicherheits- und Umweltaspekten beibehalten werden.

Die Treibstoffverwertung von Biogas wird primär durch die Befreiung von der Mineralölsteuer unterstützt; trotzdem ist sie beim jetzigen Stand nicht wirtschaftlich. Bei den gegenwärtigen fossilen Energiepreisen ist eine dauerhafte Unterstützung notwendig. Erfahrungen zeigen, dass Endkunden nur bei deutlichen Preisunterschieden an den Tankstellen bereit sind, auf Kraftstoffalternativen wie Gas umzusteigen.



| Stärken   | Schwächen   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biogaserzeugung ist eine etablierte Technologie</li> <li>• Zunehmende Standortunabhängigkeit der Biogasanlagen durch Nawaro-Einsatz aufgrund geringerer Gülleabhängigkeit</li> <li>• Erhöhte Leistungsdichte der Biogasanlagen (Erhöhung der Raumbelastung des Reaktors durch Nawaros)</li> <li>• Ökologische Alternative zum Mineralöl-Treibstoffmarkt</li> <li>• Weist den höchsten Energieertrag pro Flächeneinheit aller biogenen Treibstoffoptionen auf.</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Biogasproduktion ist im Verhältnis zum Erdgasimport teuer und bedarf der finanziellen Unterstützung</li> <li>• Das Erdgastankstellen-Netz ist in Deutschland nicht flächendeckend entwickelt</li> <li>• Beschränkung des Biomassetransports auf ca. 20–25 km aufgrund der Transportkosten</li> <li>• Komplexe gesetzliche Rahmenbedingungen</li> </ul> |
| Chancen   | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Landwirtschaftliche Ertragssteigerungen, da die Nawaro nicht mehr verzehrfähig sein müssen</li> <li>• Das Tankstellenangebot für gasförmige Treibstoffe wird in Deutschland ausgebaut</li> <li>• Zunehmende Technologie-Entwicklung und Verlässlichkeit besonders bei Nawaro-Anlagen</li> <li>• Deutlicher Beitrag zur Sicherung der heimischen Energieversorgung und zum Klimaschutz</li> <li>• Anlagentechnik könnte zukünftig exportiert und auf den Weltmärkten verkauft werden</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenig Erfahrungen mit der Aufbereitung und Verwendung von Biogas als Treibstoff</li> <li>• Schwindende Akzeptanz der Bevölkerung bei Groß-Biogas-Anlagen</li> <li>• Geringe Erfahrungen bei zunehmendem Einsatz von Nawaro in Biogasanlagen; hierzu besteht Forschungsbedarf</li> <li>• Abhängigkeit von Preisen für Nawaro</li> </ul>                     |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken der Biogasproduktion für den Treibstoffsektor

## 4 Relevante internationale Erfahrungen

Biogas wird international unter günstigen Voraussetzungen bereits als Treibstoff genutzt. Aufgrund diverser Gesetze (zur Regelung von Gasqualität, Steuerbefreiung, Deponierung von organischen Stoffen usw.) gibt es Biogasanlagen, die Biogas aufbereitet in das Erdgasnetz einspeisen oder direkt zur Betankung von Fahrzeugen verwenden, in den **Niederlanden** (nur Deponiegas), in **Schweden** und in der **Schweiz**. Ansonsten spielt die Treibstoffproduktion über Biogasanlagen in Europa bisher keine Rolle; dies gilt auch für Gebiete außerhalb Europas.

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

Cerbe, G.: Grundlagen der Gastechnik, München 2004

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung; Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Leipzig 2004

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), Leipzig, Dezember 2003

Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Evaluierung der Möglichkeiten zur Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, Endbericht zum Förderprojekt FKZ: 22021103 der FNR, 2005

Schattauer, A./Wilfert, R./Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Biogasgewinnung aus Gülle, organischen Abfällen und aus angebaute Biomasse – Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse, Leipzig, Dezember 2003

Schneider, S.: Potenziale regenerativer Energien in Deutschland; in: Hartmann, H./Kaltschmitt, M. (Hrsg.): Biomasse als erneuerbarer Energieträger – Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen Erneuerbaren Energien; Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 3, Landwirtschaftsverlag, Münster 2002

Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch 2004 für die Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden, September 2004

Thrän, D. et. Alumni: Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Für das Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2004

## C Biodiesel und Pflanzenöl

### 1 Zusammenfassung

Der Biokraftstoffanteil in Deutschland (2,2 % in 2004) wird fast ausschließlich durch Biodiesel abgedeckt. 2004 wurden ca. 1,2 Mio. t Biodiesel verkauft, davon ca. 800.000 t aus heimischer Produktion. Das entspricht einem Umsatzvolumen von ca. 873 Mio. € bei einem angenommenen Biodieselpreis von ca. 0,70 €/l. Im Jahr 2004 wurden ca. 55 % des Biodiesels an Flotten (LKW und Busse) abgesetzt, der Rest wurde als Reinkraftstoff über das Tankstellennetz an PKW (ca. 20 %) und seit 2004 als bis zu 5%ige Beimischung (ca. 25 %) verkauft. **Deutschland** ist damit der **wichtigste Markt** für Biodiesel **in der EU** und **weltweit**.

Der **Biodieselsatz** in Deutschland entwickelte sich seit 1990 **dynamisch**. Besonders stark war das Marktwachstum in den Jahren 1999 bis 2004. Der Absatz stieg in dieser Zeit um das Neunfache von 130.000 t auf ca. 1,2 Mio. t (inkl. Importe). Das außergewöhnliche Marktwachstum von 47,5 % im Jahr 2004 ist primär auf die einsetzende **Beimischung** zurückzuführen.

Zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen erlaubt die EU-Kommission eine **Reduzierung der Verbrauchssteuer von bis zu 100 %**. Allerdings ist die Höhe der steuerlichen Förderung begrenzt auf die Höhe des Kostennachteils von Biokraftstoffen im Vergleich zu den substituierten fossilen Kraftstoffen. In Deutschland wird die Verbrauchssteuer bei Biodiesel durch § 2 a MinöStG zu 100 % reduziert. Damit wird ein Liter Biodiesel mit 0,47 € steuerlich gefördert.

Im Jahr 2004 stieg der Biodieselanteil im Dieselmärkte auf 4,1 % an. Der Preisvorteil aufgrund der Mineralölsteuerbefreiung von Biodiesel im Vergleich zum herkömmlichen Diesel ist der wesentliche Treiber für diese Marktentwicklung. Im Jahr 2004 verfügten **25 Biodieselanlagen** in Deutschland über Erzeugungskapazitäten von 1,2 Mio. t. Ein Ausbau der Kapazitäten auf rund 2 Mio. t ist zwischenzeitlich bereits erfolgt, weitere Anlagen sind in Planung oder Bau.

**Pflanzenöl** ist im Markt nur wenig mengenrelevant, zeigt aber ein starkes Wachstum. Neben Pflanzenöl aus Asien, das deutlich preiswerter als heimisches Öl ist, können auch Rohstoffe zur Ölgewinnung importiert werden. Da Pflanzenöl zunächst nur in einem Nischenmarkt an ca. 150 Tankstellen abgesetzt wurde, bestand kein ausgeprägtes F&E-Interesse seitens der Produkt- und Motorenhersteller. Treiber einer verstärkten Nutzung von Pflanzenöl als Kraftstoff ist der große Kostenvorteil gegenüber Biodiesel und herkömmlichem Diesel. Insbesondere Flottenbetreiber zeigen ein großes Interesse an einer verstärkten Nutzung von Pflanzenöl. Gegen die verstärkte Nutzung von Pflanzenölen sprechen Probleme bei der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten und bei der Betriebssicherheit von umgerüsteten Motoren.

Für die Produktion von Biodiesel und Pflanzenöl wird in Deutschland **überwiegend Raps** verwendet, in geringem Ausmaß auch andere Rohstoffe wie Tierfett bzw. Altspisefette und -öle. Biodiesel aus letztgenannten Rohstoffen gewonnen wird überwiegend in Flotten eingesetzt.

Auf einer Fläche von ca. 1,3 Mio. ha wurden 2004 ca. **4 bis 5 Mio. t Raps** geerntet zu einem Wert von 800 Mio. bis 1 Mrd. € (ca. 200 €/t). Ca. 50 bis 60 % der Anbaufläche, also ca. 2 bis 3 Mio. t Raps zu einem Wert von 400 bis 600 Mio. €, werden für die Biodieselproduktion genutzt, der Rest für Food und Export. Die derzeitige Biodieselproduktion wird zu rund 85 bis 90 % mit heimischen Rohstoffen versorgt. Es finden aber zunehmend **Importe** aus Dänemark, Frankreich, Tschechien und Polen statt. Eine Ausdehnung des Rapsanbaus in Deutschland ist nach Einschätzung von Landwirtschaftsvertretern nur auf 1,5 bis 1,8 Mio. ha möglich, da er dann an Fruchtfolgegrenzen stößt.

Für 2005 wird in Deutschland mit einer **Absatzausdehnung** auf 1,5 Mio. bis 2 Mio. t Biodiesel gerechnet. Die Kapazitäten werden dann ausgelastet sein. Der entscheidende Impuls für die Marktentwicklung ist die steuerliche Förderung auch von Beimischungen, in deren Folge Mineralölkonzerne begannen, dem regulären Diesel bis zu 5 % Biodiesel beizumischen. Vor allem die Nachfrage für die Beimischung wird steigen, während der Absatz an Tankstellen aufgrund zurückgehender Freigaben der Fahrzeughersteller sinken wird. Auf der Basis einer 5%igen Beimischung wird der Biodieselmärkte bis 2010 auf voraussichtlich ca. 2,4 Mio. t ansteigen. Ein weiteres starkes Wachstum erfordert die Einführung von Diesel mit 10%iger Beimischung von Biodiesel.

Die weitere **Entwicklung im Markt hängt entscheidend** von der Preisdifferenz zwischen Biodiesel und herkömmlichem Diesel ab. Dieses Preisverhältnis hat Auswirkungen auf alle drei Marktsegmente, auf die Beimischung ebenso wie auf den Flottenabsatz und den Tankstellenvertrieb. Offen ist, welche Bedeutung die Maut, deren Rückerstattungsbasis die gezahlte Mineralölsteuer ist, für den Flottenabsatz hat.

Die Verwendung von Biodiesel stellt einen signifikanten Beitrag zur **Schonung fossiler Ressourcen** dar. Ebenso leistet sie einen Beitrag zur **Reduzierung von Treibhausgasen**. Pflanzenöl kann sogar direkt zur dezentralen Kraftstoffversorgung verwendet werden und zeichnet sich durch sehr geringe Treibhausgasvermeidungskosten aus.

|                  | Biodieselvertrieb an Flottenbetreiber  | Biodiesel als Reinkraftstoff an Tankstellen   | Biodiesel als Beimischung zum herkömmlichen Diesel  | Pflanzenöl (direkte Verwendung als Treibstoff)  |
|------------------|--|---|---|---|
| Markt-Größe*     | <ul style="list-style-type: none"> <li>ca. 605.000 t in 2004</li> <li>entspricht ca. 480 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>ca. 220.000 t in 2004</li> <li>entspricht ca. 175 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>ca. 275.000 t in 2004</li> <li>entspricht ca. 218 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>ca. 128.000 t Rapsöl in 2003</li> <li>entspricht ca. 76,5 Mio. €</li> </ul>  |
| Markt-wachstum** | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: 3-8 %, ca. 662 Mio. €</li> <li>2020: ab 2010 1-3 %, ca. 806 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: Halbierung des Marktes, ca. 87 Mio. €</li> <li>2020: kein Markt mehr</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: bei 5 Vol.-% flächen-deckend ca. 1,3 Mrd. €</li> <li>2020: 10 Vol.-%, ca. 2,2 Mrd. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatz in der Landwirtschaft und im Transportgewerbe wird zunehmen</li> </ul>   |
| Treiber          | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Preisvorteil gegenüber herkömmlichen Diesel aufgrund steuerlicher Förderung</li> <li>+ Steigende Preise für herkömmlichen Diesel</li> <li>+ Großer Markt gewerbliches Transportwesen</li> <li>+ Einsatz von Biodiesel in der Landwirtschaft lohnt sich zunehmend</li> <li>- Qualitätsdiskussion und -probleme</li> <li>- Verlust von Marktanteilen an Pflanzenöltreibstoff langfristig zu erwarten</li> <li>- Mautkompensation fällt beim Einsatz von Biodiesel weg, da keine Mineralölsteuer bezahlt wird</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Preisvorteil ca. 0,10€/l gegenüber herkömmlichen Diesel aufgrund steuerlicher Förderung</li> <li>+ Tendenziell steigende Preise für fossile Kraftstoffe</li> <li>+ Noch wachsender Dieselmotorenmarkt</li> <li>+ Z. T. ökologische Motive</li> <li>+ Einkommensalternative für freie Tankstellen</li> <li>- Sinkende Freigabenzahl seitens der Automobilhersteller. Außerdem laufen mit der Markteinführung der Euro IV-Dieselmotore die Serienfreigaben ab. Partikelfilter werden für Biodiesel nicht mehr freigegeben</li> <li>- Qualitätsdiskussion und -probleme</li> <li>- Akzeptanzprobleme bei Verbrauchern</li> <li>- Vertrieb ohne Beteiligung der großen Marken erschwert den Zugang zum Endverbraucher</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steuerliche Förderung (§ 2a MinÖlStG)/ Beimischungszwang</li> <li>+ Beimischung ist technisch unproblematisch</li> <li>+ Wachsender Dieselverbrauch. Herkömmliche Dieselproduktion kann nicht ohne weiteres ausgedehnt werden</li> <li>+ Steigende Ölpreise verbessern die Kostenposition von Biodiesel</li> <li>+ Mittelfristig Möglichkeit der Verwendung von B10, B20</li> <li>- Mangelnde Verfügbarkeit von Biodiesel</li> <li>- Die Dieselnorm EN 590 beschränkt die beigemischte Menge auf ca. 1-1,2 Mio. t</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Weiterer Preisvorteil im Vergleich zu Biodiesel</li> <li>+ Steigende Öl-/Dieselpreise</li> <li>+ Einsatz in umweltsensiblen Bereichen (Land- und Forstwirtschaft, Fischerei)</li> <li>+ Zunehmender Einsatz in LKW</li> <li>+ Evtl. Möglichkeit regionaler Wertschöpfungsketten durch Förderung von Pflanzenöl in der Landwirtschaft</li> <li>+ Verringerung der Rückvergütung der Mineralölsteuer für Landwirte</li> <li>+/- Noch keine Normierung. Vornorm besteht jedoch bereits</li> <li>- Qualitätssicherungssysteme und Vermarktungsstrukturen existieren nicht</li> <li>- Keine ausgereifte Motorentechnologie (keine Freigaben) verfügbar</li> </ul> |

\* Navaro-Produkt Markt in 2004; \*\* inflationsbereinigt

Abbildung: Übersicht Biodieselmotorenmarkt

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Die Struktur des Rohstoffs (Pflanzenöl, z. T. sekundäre Rohstoffe) wird durch eine chemische Reaktion (Umesterung) zu **Biodiesel** verändert. Dazu wird dem Eingangsprodukt Methanol und ein Katalysator beige-mischt. In anschließenden Reinigungsschritten wird u. a. das überschüs-sige Methanol durch Destillation wieder entfernt. Bei der Umesterung entsteht auch das Nebenprodukt Glycerin.

Bei **Pflanzenöl** gibt es zwei Herstellungsverfahren: Bei der dezentra-len Kaltpressung, häufig in landwirtschaftlichen Betrieben oder Genos-senschaften durchgeführt, wird die Ölsaart ausschließlich durch mechani-schen Druck ausgepresst. Danach werden Schwebstoffe entfernt. Als Kuppelprodukt fällt Presskuchen mit ca. 10 bis 15 % Restölgehalt an, der als eiweißreiches Tierfutter genutzt wird. Bei der zentralen Herstellung durch Raffination in industriellen Großanlagen werden die Ölsaaten bei höheren Temperaturen ausgepresst. Aus dem Ölpressekuchen wird das restliche Öl mit Lösemitteln herausgelöst. Übrig bleibt das Extraktions-schrot mit einem Restölgehalt von 3 bis 3,5 %, das ebenfalls als Tierfutter eingesetzt wird. Die Lösungsmittel werden anschließend durch Ver-dampfen vom Öl abgetrennt. Es bleiben mehr unerwünschte Begleitstoffe als bei der Kaltpressung zurück, die durch Prozessschritte der Raffination entfernt werden.

| Landwirtschaft<br>(Deutschland)  | Produzenten  | Vertrieb   | Endverbraucher<br>(keine weitere<br>Wertschöpfung)  |
|--|--|--|---|
| <p><b>Erträge:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mind. 30 dt Raps/ha</li> <li>• 1.300 l Biodiesel/ha</li> <li>• 1.300 l Pflanzenöl</li> </ul> <p><b>Produktion in 2003</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf 1,3 Mio. ha wurde Raps angebaut</li> <li>• Insgesamt ca. 4–5 Mio. t Raps in Deutschland geerntet</li> <li>• Davon ca. 2–3 Mio. t für die Rapsölproduktion. Der Rest geht in den Food Sektor und den Export</li> </ul> <p><b>Preise:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 200 €/t Raps</li> </ul> <p>Deckungsbeitrag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 200 €/ha (ohne Vorfrucht- wert und Flächenzahlung)</li> </ul> <p><b>Umsatz in 2004:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamt: ca. 800 Mio.–1 Mrd. €</li> <li>• Raps für Biodiesel: 400–600 Mio. €</li> </ul> | <p><b>Rohstoffeinsatz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 2 Mio. t Raps aus Deutschland</li> <li>• ca. 100.000 t Methanol</li> <li>• ca. 150.000 t Biodiesel werden importiert</li> </ul> <p><b>Produktion:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 950.000 t Biodiesel</li> <li>• ca. 110.000 t Glycerin</li> <li>• ca. 1,5 Mio. t Schrot</li> </ul> <p><b>Preise:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 0,70 €/l Biodiesel</li> <li>• 0,55 €/l Pflanzenöl</li> <li>• ca 400 €/t Glycerin</li> <li>• ca. 100 €/t Rapsschrot</li> </ul> <p><b>Umsatz in 2004:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamt: 873 Mio. €</li> <li>• Verkauf an Flottenbetreiber: 480 Mio. €</li> <li>• Verkauf als Reinkraftstoff 175 Mio. €</li> <li>• Verkauf zur Beimischung 218 Mio. €</li> </ul> | <p><b>Flottenbetreiber:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diese sind Endverbraucher, keine zusätzliche Wertschöpfung</li> </ul> <p><b>Biodiesel als Reinkraftstoff:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,10 €/l für Transport, Distribution, Gewinn</li> </ul> <p><b>Beimischung:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,10 €/l für Beimischung, Distribution und Gewinn</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kein (sehr geringer) Mehrverbrauch im Vergleich zu fossilem Diesel</b></li> <li>• <b>Einsparung von Treibhausgasemissionen (bis zu 80 %)</b></li> </ul> |

Abbildung: Wertschöpfungskette Biodiesel



Die ökologische Bewertung auf der Basis vorhandener Studien ergibt, dass Biodiesel und Pflanzenöl vor allem beim Boden- und Gewässerschutz und den Treibhausgasemissionen Vorteile bieten.

- Positive Energiebilanz für Biodiesel und Rapsöl.
- Im Vergleich zum Dieseläquivalent sind CO<sub>2</sub>-Minderungen von bis zu 80 % möglich.
- Die Energie- und auch die Treibhausgasbilanz von Pflanzenöl sind bei gleichen Produktionsbedingungen aufgrund des energetisch wenig aufwändigen Herstellungsverfahrens besser als die von Biodiesel.
- Minderemissionen bei Schwefeldioxid und Ruß, aber NO<sub>x</sub> erhöht.
- Nachteile von RME und Rapsöl beim stratosphärischen Ozonabbau (N<sub>2</sub>O-Emissionen), der Versauerung, der Belastung durch Pflanzenschutzmittel und dem Nährstoffeintrag in Böden und Gewässer aufgrund der intensiven Landwirtschaft.
- Ein kontrolliert ökologischer Anbau führt zu höheren Produktionskosten.
- Herausragende Eigenschaften von Biodiesel und Pflanzenöl beim Boden- und Gewässerschutz aufgrund der biologischen Abbaubarkeit. Die Anwendung in umweltsensiblen Bereichen ist sinnvoll.
- Wegen des hohen Flammpunktes keine Einstufung als Gefahrgut.
- Die Verbrennung des Kuppelprodukts Rapsschrot ist bezüglich der Energieeinsparung und des Treibhauseffekts günstiger als die Vergärung zur Biogasgewinnung und diese günstiger als die Nutzung als Futtermittel.

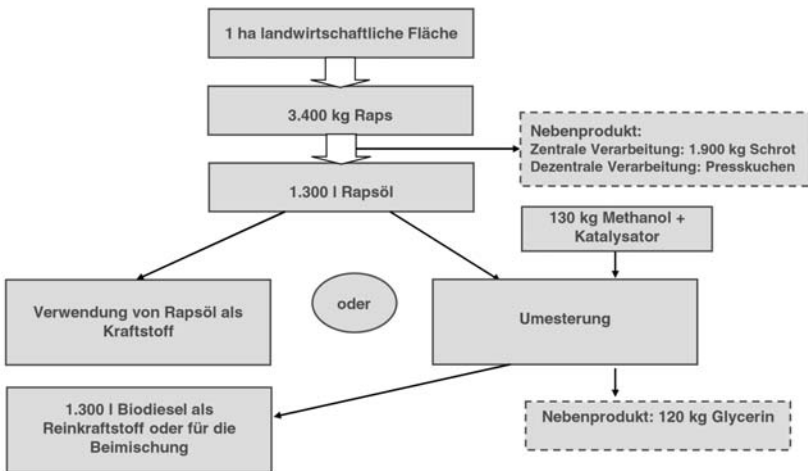
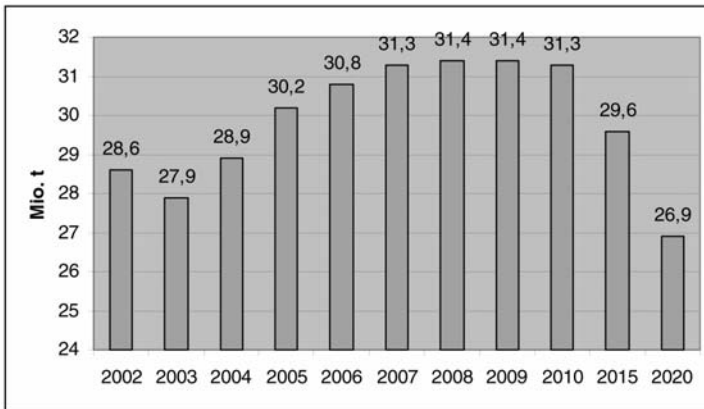


Abbildung: Herstellungsprozess von Pflanzenöl und Biodiesel

### 3 Analyse des Marktes

Im Jahr 2000 wurde in Deutschland erstmals mehr Diesel- als Ottokraftstoff verbraucht. Während der Verbrauch von Ottokraftstoff seit 1999 deutlich rückläufig ist, wird **bis 2008** ein weiterer **Anstieg des Verbrauchs von Dieselkraftstoff** prognostiziert. Dies ist auf den zunehmenden Straßengüterverkehr und den anhaltenden Zuwachs des Diesel-PKW-Bestandes zurückzuführen. **Ab 2009** wird auch im Dieselkraftstoffmarkt mit einem **rückläufigen Verbrauch** gerechnet. Der Effekt sparsamerer Neufahrzeuge, geringerer Fahrleistungen sowie ein verbessertes Fuhrparkmanagement überlagern dann den Effekt der Zunahme des PKW-Bestandes. Durch die Verschiebung des Einsatzverhältnisses Benzin zu Diesel zugunsten von Diesel gibt es Probleme bei den Raffineriebetreibern, Diesel in angemessenem Ausmaß bereitzustellen, da in den Raffinerien ein relativ festes Outputverhältnis besteht. Die **Beimischung von Biodiesel** kann dieses Problem zumindest entschärfen.

Biodiesel hat einen Anteil von ca. 4 % am gesamten Dieselabsatz und steht damit an der **Spitze der marktfähigen Biokraftstoffe**. Biodiesel ist



Quelle: MWV

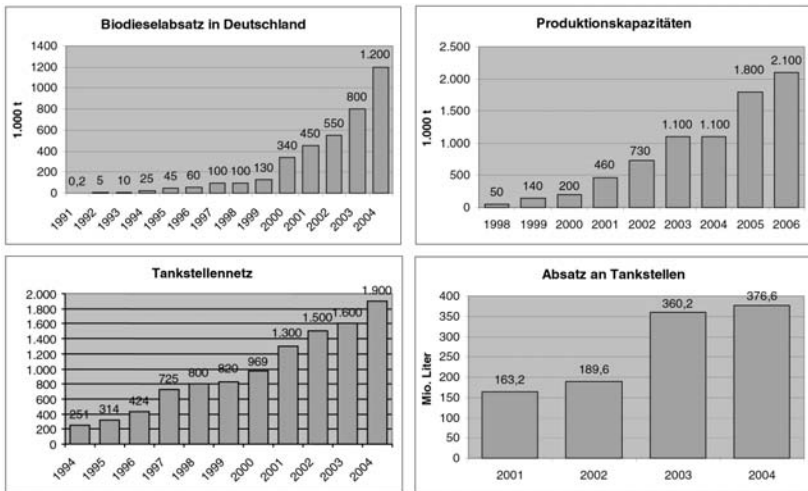
Abbildung: Entwicklung Dieselverbrauch in Deutschland

seit Ende der 80er auf dem Markt. Seit Ende der 90er Jahre ist eine starke Marktausdehnung zu verzeichnen, die mittlerweile aber an ihre Grenzen stößt. Bis Ende 2003 wurde Biodiesel ausschließlich in Reinform vermarktet und hat so bei den Verbrauchern hohe Bekanntheit als Gattungserzeugnis erlangt. Seit 2004 kann Biodiesel bis zu 5 % herkömmlichen Diesel mineralölsteuerreduziert und ohne Kennzeichnung beigemischt werden, was zu einer weiteren Marktausdehnung führte. Die **Produktionskapazität in Deutschland** verteilte sich 2004 auf 25 Umesterungsanlagen mit einer Kapazität von insgesamt ca. 1,1 Mio. t. Weitere Anlagen sind in Bau, so dass die Kapazität 2006 auf ca. 2 Mio. t geschätzt wird. Die Marktentwicklung für Biodiesel in Reinform ist abhängig von den Freigabeerteilungen der Fahrzeughersteller. Derzeit beträgt das Kundenpotenzial ca. 3 Mio. Fahrzeuge, allerdings mit sinkender Tendenz, bedingt durch den serienmäßigen Einbau des Partikelfilters.

Auch der Einsatz von naturbelassenem **Rapsöl als Kraftstoff** steigt. In Deutschland bestehen mehr als 250 dezentrale Anlagen zur Ölsaatenverarbeitung. Das Markteinführungsprogramm von Pflanzenöl im öffentlichen Sektor in Nordrhein-Westfalen sollte den Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff in der Praxis unterstützen. Das Substitutionspotenzial durch

Kraftstoffe auf Rapsbasis aus inländischer Produktion wird mit ca. 7 % des Dieserverbrauchs in Deutschland angegeben.

Sowohl der Absatz von Biodiesel als die Produktionskapazitäten und das Tankstellennetz sind in Deutschland in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsen.



Quelle: UFOP, FNR, AGQM-Produzenten

Abbildung: Biodieselabsatz, Produktionskapazitäten und Tankstellennetz

### 3.1 Wettbewerbsdynamik

Es gibt derzeit **25 Biodieselproduzenten** (Umesterungsanlagen) im Markt. Die durchschnittliche Kapazität lag 2004 bei ca. 44.000 t. Im **Pflanzenölmarkt** bestehen **mehr als 250 dezentrale Produktionsanlagen**, die Rapsöl für regionale Anwendungen oder für den Verkauf an Biodieselproduzenten herstellen. Die Konzentration der Produktionskapazitäten in den neuen Bundesländern ist auf die für dortige Anlagen gezahlten

Investitionszuschüsse zurückzuführen. Nordrhein-Westfalen ist ebenfalls ein wichtiger Standort für Biodieselanlagen.

Hinsichtlich der **Distributions- und Vermarktungsstruktur** ergibt sich folgendes Bild:

- Es existieren rund 1.900 **Biodiesel-Tankstellen** mit einem Gesamtumsatz von 377 Mio. l im Jahr 2004. Vor allem freie Tankstellen sind verstärkt im Biodieselmärkte aktiv.
- Ca. 55 % der Biodieselproduktion geht im **Direktumsatz** an Fuhrparks (LKW und Busse).
- Bei einer flächendeckenden Ausschöpfung der **Beimischung** bis zu 5 % würden heute ca. 1,6 Mio. t Biodiesel benötigt.

Für die Vermarktung des Kraftstoffs als B100 über Tankstellen ist der Zugang zum Vertriebskanal des Tankstellennetzes eine wichtige Voraussetzung. Bisher erfolgte dieser Zugang vor allem über den Bundesverband Freier Tankstellen (bft) sowie Betreiber kleiner Tankstellenketten (z. B. Markant). Auch bei der Vermarktung zur Beimischung sind die Biodieselproduzenten von der Mineralölindustrie abhängig. Ohne Abnahmeverträge mit ihr ist in diesem Segment kein Markteintritt möglich. Der Absatz der mit der Biodieselproduktion zunehmenden Rapschrotproduktion steht im Konflikt zum Blair-House-Abkommen.

Bestehende Überkapazitäten und schneller Kapazitätswachstum haben den **Wettbewerb erheblich verschärft**. Auch der zwischenzeitliche Preisverfall beim Kuppelprodukt Glycerin verschärfte die Situation für Biodieselproduzenten. Allerdings hat die Steuerbegünstigung auch auf Beimischungen ab 2004 ein weiteres großes Marktsegment erschlossen. Deutsche Biodieselproduzenten stehen im Wettbewerb mit ausländischen Produzenten, die GMO-Rohstoffe einsetzen und nach Deutschland exportieren (zulässig für den non-food Bereich) können. Derzeit finden aufgrund der günstigen Rahmenbedingungen in Deutschland **verstärkt Importe** aus Polen und Dänemark sowie zunehmend aus Italien statt, die auf ca. 200.000 t geschätzt werden. Während deutsche Exporte keine Rolle spielen, ist mit steigenden Importen aus EU-Mitgliedstaaten sowie Drittstaaten zu rechnen.

Auf deutscher und europäischer Ebene bestehen die nachfolgend aufgeführten **Rahmenbedingungen** für die Biodiesel- und Pflanzenölproduktion.

**Allgemeine politische Ziele:**

- Erhöhung des Anteils regenerativer Energien, Einleitung der Energiewende hin zu regenerativen Energien, Reduktion von Treibhausgasemissionen im Rahmen des Kyoto-Protokolls und auch im Transportsektor.
- Reform der gemeinsamen Agrarpolitik mit den Zielen der Marktöffnung, Reduzierung der Subventionen und Heranführung der Rohstoffpreise an das Weltmarktniveau.
- Abbau von tarifären und nicht-tarifären Handelshemmnissen.

**Deutschland:**

- Steuerliche Förderung wird kontinuierlich abgesenkt, ab 2007 Beimischungspflicht.
- Norm für Biodiesel, Möglichkeit von bis zu 5 Vol.-% Beimischung. B10 Standard in Vorbereitung.
- Kraftstoffstrategie der Bundesregierung.

**EU-Initiativen:**

- Die Biokraftstoffrichtlinie sieht vor, dass der Mindestanteil von Biokraftstoffen am Gesamtkraftstoffverbrauch 2 % in 2005 und 5,75 % in 2010, bezogen auf den Energiegehalt, betragen soll.
- Solange EU-Konformität besteht, erlaubt die Richtlinie zur Besteuerung von Energieerzeugnissen eine Entscheidung auf nationaler Ebene. Dies führt zu unterschiedlichen steuerlichen Rahmenbedingungen in den Mitgliedstaaten. Die Höhe der Förderung hat somit auch Einfluss auf die Handelsströme von Biokraftstoffen.

**Aus den Rahmenbedingungen ergeben sich folgende Konsequenzen:**

- Die bestehende Förderung ist essentiell für die Wettbewerbsfähigkeit von Biodiesel und Pflanzenöl. Ohne diese wären sie nicht im Markt.
- Die Rahmenbedingungen beeinflussen maßgeblich das Ausmaß der Nutzung von Biodiesel und Pflanzenöl.
- Der politische Wille, Biokraftstoffe in den Markt zu drücken, ist auf nationaler und europäischer Ebene vorhanden.
- Treiber dabei sind agrar-, struktur-, energie-, umwelt- und klimapolitische Ziele.
- Die Ausweitung der Förderung auch auf Beimischungen hat zur Marktvergrößerung geführt.
- Eine weitere Ausgestaltung der steuerlichen Förderung nach 2009 wird für den Biodieselmärkte von großer Bedeutung sein. Der jähr-

liche Bericht zum Biokraftstoffmarkt an den Bundestag kann Konsequenzen haben.

- Auch die Ausgestaltung der zukünftigen Agrarförderung (beispielsweise Stilllegungsflächen, Anbauprämie für Energiepflanzen) und der Handelspolitik sind entscheidend sowohl für die Bereitstellung als auch für die Preise von Rohstoffen für Biodiesel aus deutscher Produktion und mögliche internationale Konkurrenz.

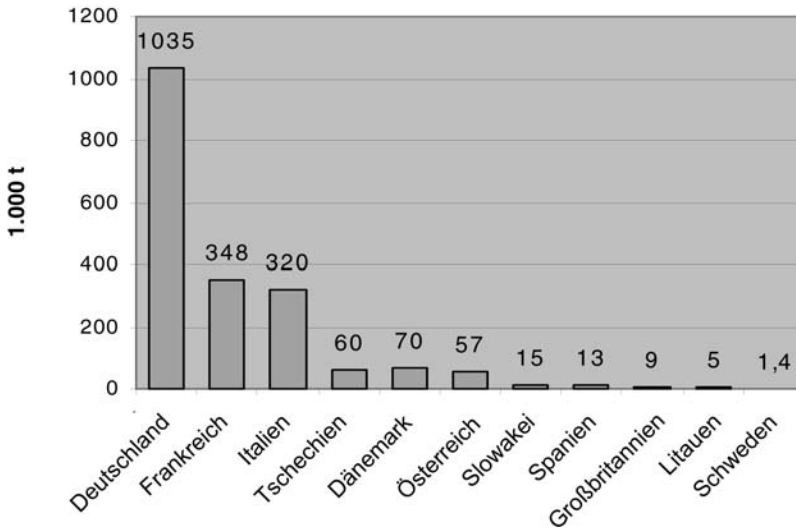
Für Biodiesel besteht seit Herbst 2003 eine **europäische Qualitätsnorm** (DIN EN 14214), die in Zusammenarbeit von Biodiesel- und Fahrzeugherstellern entwickelt wurde. Auf dieser Grundlage geben Fahrzeughersteller ihre Motoren für den Betrieb mit Biodiesel frei. Die europäische Norm für Dieselmotoren DIN EN 590 erlaubt durch die novellierte **Kraftstoffqualitätsverordnung** der Bundesregierung seit August 2004 eine Beimischung von Biodiesel bis zu 5 %. Dies kann ohne besondere Kennzeichnung erfolgen. Der Beimischungsanteil ist steuerbefreit und muss DIN EN 14214 erfüllen. Ein Großteil der Biodieselproduzenten und -vermarkter ist in der **Arbeitsgemeinschaft Qualitätssicherung Biodiesel e. V. (AGQM)** zusammengeschlossen, deren Mitglieder ca. 70 % des Biodieselbedarfs in Deutschland und Österreich decken. Die AGQM geht über die Sicherstellung der Einhaltung der Norm DIN EN 14214 hinaus. Sie sichert eine einheitliche und gleich bleibend hohe Kraftstoffqualität und kontrolliert Rohstoffauswahl, Produktionsprozess, Lagerung, Verladung und Transport des Kraftstoffs. Diese Qualitätssicherung erkennt der Verbraucher an der Tankstelle für Biodiesel an dem AGQM-Label. Die Zertifizierung durch die AGQM ist quasi eine Art **Marktstandard** geworden. Der Großteil des Biodieselabsatzes ist zertifiziert. Die Normung und auch die AGQM-Zertifizierung sorgen für ein qualitativ hochwertiges Angebot an Biodiesel mit konstanten Eigenschaften, auf die sich alle Marktteilnehmer (Verbraucher, Mineralölindustrie und Fahrzeughersteller) einstellen können. Freigaben seitens der Fahrzeughersteller sind Voraussetzung für die Verwendung von B100 oder Pflanzenöl unter Aufrechterhaltung der Garantieansprüche. Werden Fahrzeuge, die nicht von den Herstellern für Biodiesel freigegeben sind, mit Biodiesel betrieben, so haften die Fahrzeughersteller nicht für eventuell auftretende Schäden.

## 4 Relevante internationale Erfahrungen

Heute gibt es weltweit in den verschiedenen Ländern Initiativen zu Biodiesel. Europa und insbesondere Deutschland sind aber mit Abstand führend bei der Biodieselproduktion und -verwendung. Neben Deutschland haben in Europa noch **Frankreich** und **Italien** eine bedeutendere Produktion. In diesen Ländern wird Biodiesel schon seit längerem herkömmlichem Dieselkraftstoff beigemischt. In den anderen europäischen Ländern ist die Produktion äußerst gering. In **Großbritannien** und **Österreich** werden als Rohstoff u. a. auch recycelte Pflanzenöle, Tierfette bzw. Altspisefette und -öle eingesetzt. Bis Ende 2005 wird die Biodieselnkapazität in der EU voraussichtlich auf deutlich mehr als 3,6 Mio. t steigen. Ein Großteil der neuen Kapazitäten wird dabei in Deutschland entstehen. Während die Kapazitäten in 2003 noch rund 1 Mio. t betragen, wird bis Ende 2005 eine Verdoppelung dieser Kapazitäten auf dann 2 Mio. t erwartet.

Auch in den **USA** steigt die Produktion von Biodiesel. Der wichtigste Rohstoff ist hier die Sojabohne bzw. Sojaöl. Derzeit laufen mehrere Flottenversuche mit B20. Biodiesel wird zunehmend auch in **asiatischen Ländern** eingeführt. Insbesondere in Indien und China wird die Biodieselproduktion aus der in tropischen Ländern heimischen, schnell wachsenden und relativ anspruchslosen Jatropha-Pflanze forciert. Der Biodieselertrag wird hier auf ca. 2 t je ha geschätzt. Allerdings gibt es bislang keine kommerzielle Produktion. In einigen Ländern Südostasiens findet auch eine Produktion aus Palmöl (z. B. in Malaysia) und z. T. aus Kokosnussöl statt.





Quelle: European Biodiesel Board

Abbildung: Biodieselproduktion in Europa (2004)

## 5 SWOT-Analyse und Schlussfolgerungen

| Stärken   | Schwächen   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schonung nichterneuerbarer Ressourcen</li> <li>• Deutlich geringere THG-Emissionen</li> <li>• Beitrag zur Energieversorgungssicherheit</li> <li>• Förderung der Landwirtschaft und von ländlichen Räumen (regionale Wertschöpfung)</li> <li>• Etablierter Biokraftstoff (Biodiesel)</li> <li>• Kostenvorteile von Pflanzenöl im Vergleich zu Biodiesel</li> <li>• Einsatz in umweltsensiblen Bereichen</li> <li>• Normierter und qualitätsgeprüfter Biokraftstoff (Biodiesel)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Produktionskosten im Vergleich zu fossilem Diesel</li> <li>• Abhängigkeit von politischer Förderung</li> <li>• Intensive Nutzung landwirtschaftlicher Flächen</li> <li>• Ökologische und ökonomische Vorteilhaftigkeit ist abhängig von der Verwendung der Nebenprodukte</li> <li>• Bei der Verwendung reinen Biodiesels und Pflanzenöls sind technische Modifikationen am Motor notwendig. Probleme bei der Anwendungstechnik</li> <li>• Abhängigkeit des Produktes von der Freigabe der Fahrzeughersteller (Partikelfilter)</li> <li>• Euro IV und V nicht erfüllbar</li> <li>• Mehrverbrauch</li> <li>• Begrenztes Potenzial von Biodiesel und Pflanzenöl. Potenzial für Biodiesel in Deutschland wird auf 5 % des Dieserverbrauchs geschätzt</li> <li>• Noch fehlende Normierung (bislang nur Vornorm) und relativ hohe Umrüstungskosten bei Rapsöl</li> <li>• Imageprobleme aufgrund der Nichteinhaltung von Qualitätsstandards</li> </ul> |
| Chancen   | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächendeckende Beimischung von 5 vol. % gemäß DIN EN 590 möglich. Beimischungsprogramme der Mineralölindustrie vergrößern die Absatzmärkte enorm</li> <li>• Möglichkeit der Erhöhung des Beimischungsanteils bis auf 20 % (B10 bzw. B20) im Falle einer Änderung der Norm</li> <li>• EU-Richtlinien zu Biokraftstoff und Energiesteuern</li> <li>• Wachsendes Kundenpotenzial, da der Diesel- im Vergleich zum Benzinabsatz steigt</li> <li>• LKW-Flottengeschäft und Großabnehmer werden an Bedeutung gewinnen</li> <li>• Möglichkeit der Senkung der Produktionskosten durch neue Anlagen und Produktionstechniken und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu fossilem Diesel durch tendenziell steigende Rohölpreise</li> <li>• Erhöhung der Akzeptanz bei den Verbrauchern</li> <li>• Verbesserung des Zugangs zum Endverbraucher</li> <li>• Fortführung der Zusammenarbeit zwischen Forschung, Mineralölindustrie und Fahrzeugherstellern</li> <li>• Ausdehnung des Potentials durch Erweiterung der Rohstoffbasis</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abnahme des PKW-Kundenpotenzials, da für EURO IV-Motoren keine Serienfreigaben erteilt werden. Dies führt zum Aus des Marktsegments B100 für PKW</li> <li>• Abhängigkeit von der Mineralölindustrie bei der Beimischung. Diese könnte den Biodiesel auch importieren</li> <li>• Preisverfall durch starken Aufbau von Kapazitäten bei begrenzter Nachfrage</li> <li>• Langfristig ist die starke politische Förderung nicht gesichert. Dies gilt für die landwirtschaftliche Produktion und die Mineralölsteuerbefreiung</li> <li>• Die Kosten der Biodieselproduktion sind stark abhängig von den Erlösen für das Kuppelprodukt Glycerin. Die Marktentwicklung für Glycerin ist bei steigender Biodieselproduktion unsicher</li> <li>• Verdrängung durch andere Biokraftstoffe</li> <li>• Internationale Konkurrenz</li> <li>• Akzeptanzverlust in der Bevölkerung</li> <li>• Keine Wertschöpfungssteigerung in der Landwirtschaft</li> </ul>       |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Biodiesel und Pflanzenöl

Der **deutsche Biodieselmärkte** ist mit Abstand der **größte weltweit**. Die Marktgröße liegt bei ca. 1,2 Mio. t Biodieselabsatz und ca. 875 Mio. € Umsatz in 2004. Der Markt ist sehr schnell gewachsen und wird auch in den nächsten Jahren wachsen, stößt allerdings bei ca. 2 Mio. Tonnen an seine Grenzen (unter der Annahme, dass heimische Rohstoffe verwendet werden). Es bestehen inzwischen **drei etablierte Absatzkanäle**: Biodiesel

als Reinkraftstoff über Tankstellen (B100), als Beimischung zu fossilem Diesel (B5) und als Kraftstoff für Fuhrparks (B100). Derzeit verliert der Absatz als Reinkraftstoff an Tankstellen an Bedeutung, während der Markt für Beimischungen deutlich steigt.

Biodiesel reduziert Treibhausgasemissionen, schont fossile Ressourcen und erhöht die Energieversorgungssicherheit. Biodiesel erfährt eine große politische Unterstützung auf nationaler und europäischer Ebene. **Ohne die politische Unterstützung** ist Biodiesel jedoch auf absehbare Zeit **nicht wettbewerbsfähig**. Die Mineralölindustrie hat eine starke Machtposition bei dem Vertrieb von B100 und B5. Der Verkauf von Biodiesel an Flottenbetreiber kann hingegen direkt und ohne Einbindung der Mineralölindustrie erfolgen.

Zur weiteren Entwicklung des Biodieselmärktes sind die folgenden Maßnahmen dienlich:

- Analysen zu den Umweltwirkungen und dem Motorenverhalten, vor allem für höhere Beimischungsanteile,
- Analyse der Möglichkeiten höherer Beimischungen (und einer Normentwicklung für diese) und von Beimischungskombinationen mit anderen Biokraftstoffen,
- Förderung des Dialogs zwischen Kraftstoffentwicklern, Mineralölindustrie, Fahrzeugherstellern und der Forschung,
- Erhöhung der Akzeptanz bei den Verbrauchern,
- Möglichkeiten einer besseren Ausgestaltung der Distributionskanäle
- Analyse des Potenzials von Biodiesel, des Kostensenkungspotenzials, der bestehenden Flächenkonkurrenzen und der Vorteilhaftigkeit im Vergleich zu anderen Biokraftstoffen,
- Analyse bestehender Fördermaßnahmen und möglicher Änderungen
- Förderung von Technologieexporten,
- neue Verwendungsmöglichkeiten für Nebenprodukte aus dem Produktionsprozess,
- Entwicklung von Motorenkonzepten für den Einsatz von reinen Pflanzenölen sowie die Beimischung von Pflanzenölen (z. B. John Deere für Traktoren),
- Analyse von Einsatzmöglichkeiten in der Landwirtschaft,
- Analyse der Einkommens- und Beschäftigungswirkungen durch die Förderung von Biodiesel.

## 6 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Bockey, Dieter: Biodiesel, Bedingungen und Perspektiven, in: Raps 2/2005, Jg. 23, S. 83–84
- Bockey, Dieter: Die Produktion von Biodiesel. Stand und Entwicklungspotenzial – eine internationale Bestandsaufnahme. Information, UFOP, Berlin
- Bockey, Dieter: Der Biodieselmärkte wächst – aber auch die Herausforderungen! Wachstumsmarkt Biodiesel 2003. UFOP, Berlin
- Bockey, Dieter: Biodieselproduktion und Vermarktung in Deutschland. Situation und Perspektive. UFOP, Berlin
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Hrsg.): Basisdaten Biokraftstoffe. Stand: Januar 2005, FNR, Gülzow
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Hrsg.): Biokraftstoffe. Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. Gülzow 2005
- Fulton, Lew: Biofuel Costs and Market Impacts in the Transport Sector, in: Energy Prices & Taxes, 1st Quarter 2005
- Gärtner, Sven O./Guido A./Reinhardt: Erweiterung der Ökobilanz für RME. Gutachten erstellt im Auftrag der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V. ifeu, Heidelberg, Mai 2003
- Gärtner, Sven O./Guido A./Reinhardt: Ökologischer Vergleich von RME und Rapsöl. Gutachten im Auftrag der FNR. Heidelberg, Oktober 2001
- Mielke, Thomas: Perspektiven der Rapsproduktion durch wachsende Food- und Non-Food Märkte, in: Raps, 2/2005, Jg. 23, S. 79–82
- Quirin, Markus et al.: CO<sub>2</sub>-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe. Eine Bestandsaufnahme. Endbericht. Im Auftrag von FVV und UFOP, 2004
- Remmele, Edgar/Bernhard Widmann: Positionspapier Rapsölkraftstoff. Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing, April 2004
- Schöpe, Manfred/Günter Britschkat: Gesamtwirtschaftliche Bewertung des Rapsanbaus zur Biodieselproduktion in Deutschland. Ifo Schnelldienst Nr. 6. Institut für Wirtschaftsforschung, München, März 2002
- Sergis-Christian, Levon/Jens Brouwers: Ökologischer Vergleich von Rapsöl mit RME und Stellungnahme zum ifeu Gutachten „Ökologischer Vergleich von RME und Rapsöl“ (Okt. 2001). Bundesverband Pflanzenöle e. V., Saarbrücken 2003
- Stotz, Kathrin/Edgar Remmele: Daten und Fakten zur dezentralen Ölgewinnung in Deutschland. Berichte aus dem TFZ 3, Technologie und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing, Januar 2005

### **Relevante Internet-Quellen**

[www.agqm-biodiesel.de](http://www.agqm-biodiesel.de)

(Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e. V.)

[www.biodiesel.de](http://www.biodiesel.de)

(ADM-Oelmühle)

[www.biodiesel.org](http://www.biodiesel.org)

(Biodiesel – The Official Site of the National Biodiesel Board of the US)

[www.biodieselverband.de](http://www.biodieselverband.de)

(Verband deutscher Biodieselhersteller)

[www.bioenergie.de](http://www.bioenergie.de)

(Bundesverband Bioenergie)

[www.biokraftstoffe.org](http://www.biokraftstoffe.org)

(Bundesverband Biogene Kraftstoffe)

[www.bmvel-statistik.de](http://www.bmvel-statistik.de)

[www.ebb-eu.org](http://www.ebb-eu.org)

(European Biodiesel Board)

[www.fnr.de](http://www.fnr.de)

(Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.)

[www.iwr.de/biodiesel/](http://www.iwr.de/biodiesel/)

(Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien)

[www.mwv.de](http://www.mwv.de)

(Mineralölwirtschaftsverband)

[www.stichnoth.net/rapool/](http://www.stichnoth.net/rapool/)

[www.ufop.de](http://www.ufop.de)

(Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V.)

### **Expertengespräche (Auswahl)**

ADM-Oelmühle Hamburg AG

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

BP

Deutscher Bauernverband

Mineralölwirtschaftsverband (MWV)

Shell

Statistisches Bundesamt

UFOP

## D Bioethanol

### 1 Zusammenfassung

Bioethanol ist neben Biodiesel und reinem Pflanzenöl derzeit der einzige erneuerbare Energieträger im Kraftstoffsektor. Gemäß der geltenden Kraftstoffnorm kann Ottokraftstoff **bis zu 5 Vol.-% Bioethanol** beigemischt werden. Außerdem wird Ethanol **zur Herstellung von ETBE** verwendet. Beide Anwendungen werden derzeit im deutschen Markt praktiziert.

Der **deutsche Absatzmarkt für Bioethanol** wird auf etwa 100.000 m<sup>3</sup> im Jahr 2004 geschätzt, das entspricht einem Umsatzvolumen von etwa 50 Mio. € für die Ethanolindustrie. Bislang erfolgte der Absatz weit überwiegend für die ETBE-Herstellung, während die direkte Beimischung regional auf Nischenmärkte beschränkt blieb. Eine flächendeckende Beimischung wurde von der Mineralölindustrie bislang abgelehnt. Technische, logistische und kommerzielle Gründe wurden dafür angeführt. Der Absatz von Bioethanol für so genannte Flex Fuel Vehicles (FFV), die mit E85, einer Mischung von 85 % Ethanol und 15 % herkömmlichem Benzin, betankt werden können, spielt bislang keine Rolle. Das gleiche gilt für die in anderen Ländern praktizierte Beimischung in Diesel.

Im Jahr 2004 war der Absatz von Nawaro aus deutschem Anbau für die Bioethanolerzeugung nicht signifikant. Überwiegend wurde Ethanol aus dem Ausland (Spanien) importiert. Die Verwendung von Bioethanol im Kraftstoffsektor eröffnet jedoch ein **großes Absatzpotenzial für Nawaro**. In Deutschland wird vorwiegend Getreide (Weizen, Roggen) zur Ethanolherstellung eingesetzt, da andere Pflanzen (z. B. Zuckerrüben) aus Kostengründen derzeit nicht in Betracht gezogen werden. Die Herstellungskosten in Brasilien (Zuckerrohrethanol) liegen bei weniger als 50 % der deutschen bzw. westeuropäischen Kosten. Bislang wird die europäische Produktion durch hohe Zölle geschützt. Diese werden aber wahrscheinlich in Abhängigkeit vom Verlauf der WTO- bzw. Mercosur-Verhandlungen in Zukunft schrittweise reduziert, wodurch sich der internationale Wettbewerb verschärfen dürfte. Große Erwartungen werden an lignozellulosehaltige Rohstoffe geknüpft, die eine deutlich kostengünstigere Ethanolherstellung ermöglichen sollen.

Die **Marktentwicklung** wird im Wesentlichen durch politische Vorgaben geprägt. Nach der **EU-Biokraftstoffrichtlinie** sollen Biokraftstoffe einen Anteil von 5,75 % (bezogen auf den Energiegehalt) vom Kraftstoffverbrauch im Jahre 2010 einnehmen. Wenn dieses politische Ziel verwirklicht wird, was erhebliche Anstrengungen und das Commitment aller Stakeholder erfordert, könnte der Markt um 73 % p. a. auf ein Bioethanolabsatzvolumen von 2,7 Mio. m<sup>3</sup> anwachsen. Dies entspräche einer Marktgröße von 1,3 Mrd. € bei einem angenommenen Ethanolpreis von 0,50 €/l. Dies würde einem Absatzpotenzial für die Landwirtschaft von etwa 7,6 Mio. t Getreide entsprechen, unter der Annahme, dass das Ethanol in Deutschland aus heimischen Rohstoffen hergestellt wird.

Auch nach 2010 soll der **Anteil der erneuerbaren Energien weiter ausgedehnt** werden, so dass die Nachfrage nach Bioethanol weiter wachsen dürfte. Die Bundesrepublik orientiert sich in ihrer 2004 verabschiedeten Kraftstoffstrategie an den europäischen Vorgaben. Wesentliche Treiber hierbei sind die Energieversorgungssicherheit, die steigenden Ölpreise, die begrenzte Verfügbarkeit von Öl, die Vermeidung von Treibhausgasemissionen sowie das Absatzpotenzial für die deutsche Landwirtschaft. Solange die Verwendung von Bioethanol nicht verpflichtend ist, wird die Marktentwicklung aber wesentlich von der relativen Vorzüglichkeit des Produktes für die führenden Mineralölunternehmen abhängen. Langfristig besteht die Gefahr der Substitution von Bioethanol durch Biokraftstoffe der 2. Generation.

|                            | Direkte Beimischung<br>(E5 – E10)  | ETBE**   | FlexFuelVehicles<br>(E-85)   | Beimischung Diesel   |
|----------------------------|--|--|--|--|
| Nawaro<br>Markt-<br>Größe* | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10.000 m<sup>3</sup> (Schätzung)</li> <li>• 5 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 90.000 m<sup>3</sup> (Schätzung)</li> <li>• 43 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 0 €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0</li> <li>• 0 €</li> </ul>   |
| Markt-<br>wachstum         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bis 2010: derzeit offen</li> <li>• 2011–2020: Wachstum</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: ca. 126 % p. a.</li> <li>• 2011–2020: stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bis 2010:<br/>nicht mengenrelevant</li> <li>• 2011–2020: Chance auf<br/>Wachstum</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bis 2010:<br/>nicht mengen-relevant</li> <li>• 2011–2020: Chance auf<br/>starkes Wachstum</li> </ul>  |
| Treiber                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steuerliche Förderung (0,65 €/l)</li> <li>+ Treibhausgasreduzierung</li> <li>+ Energiesicherheit</li> <li>+ Einkommens- und Beschäftigungseffekte Landwirtschaft</li> <li>+ Steigende Öl- und damit Benzinpreise</li> <li>- Technische Probleme- (Dampfdruck, Wasser)</li> <li>- Konsens Mineralölindustrie erforderlich (Swap-Praxis)</li> <li>- Ottokraftstoffmarkt in Europa „long“</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steuerliche Förderung (0,65 €/l)</li> <li>+ Technisch problemlos einsetzbar</li> <li>+ Breite Akzeptanz bei Mineralöl- und Automobilindustrie</li> <li>+ Treibhausgasreduzierung</li> <li>+ Energiesicherheit</li> <li>+ Einkommens- und Beschäftigungseffekte Landwirtschaft</li> <li>+ Steigende Öl- und damit Benzinpreise</li> <li>- Begrenzte Kapazitäten und Verfügbarkeit von Isobuten</li> <li>- Ether-Eigenschaften</li> <li>- Substituierbar durch direkte Beimischung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steuerliche Förderung (0,65 €/l) führt zu leichtem Kostenvorteil für Verbraucher</li> <li>+ Bewusste Entscheidung der Verbraucher für einen überwiegend regenerativen Kraftstoff möglich</li> <li>+ Hohe Treibhausgasreduzierung im Vergleich zum herkömmlichen Benzin</li> <li>+ Ausgereifte Technologie</li> <li>- Bislang nur wenige FFV-Modelle im Markt</li> <li>- Aufbau Tankstelleninfrastruktur erforderlich</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steuerliche Förderung</li> <li>+ Steigende Öl- und Dieselpreise</li> <li>+ Dieselmotoren sind „short“</li> <li>+ Treibhausgasreduzierung</li> <li>+ Energiesicherheit</li> <li>+ Einkommens- und Beschäftigungseffekte Landwirtschaft</li> <li>- Absenkung Flammpunkt</li> <li>- Große Vorbehalte bei Automobil- und Mineralölindustrie</li> <li>- Erfordert Änderung Dieselnorm</li> </ul> |

\* Angaben beziehen sich auf den deutschen Bioethanolmarkt im Jahr 2004. Die Steuerstatistik weist mit 65.000 t einen etwas niedrigeren Wert auf. Dies wird auf die Erfassung und zeitliche Abgrenzung zurückgeführt.

\*\* Neben ETBE können auch andere Ether dem Ottokraftstoff beigemischt werden. Teilweise verfügen diese über höhere Ethanolgehalte.

Abbildung: Übersicht über den Bioethanolmarkt



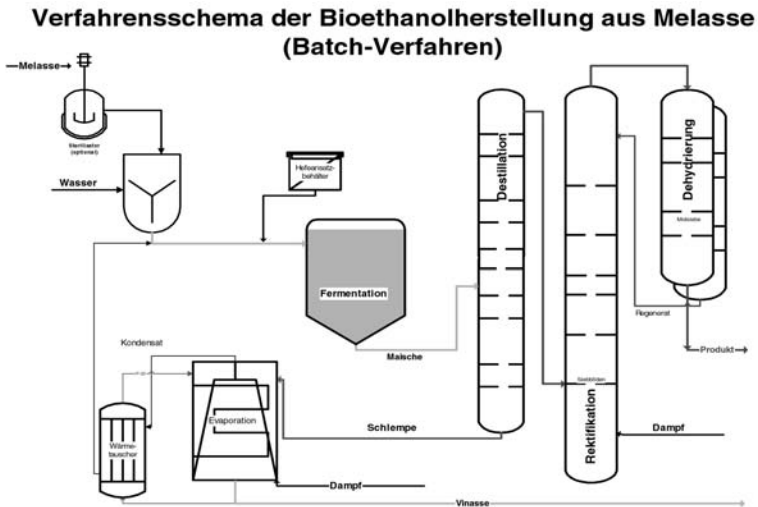
## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Als Bioethanol wird ein Alkohol bezeichnet, der aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt wird und im **Kraftstoffsektor Verwendung** findet. Wie bei der Trinkalkoholherstellung ist die Herstellung aus zucker- oder stärkehaltigen Pflanzen möglich. Derzeit werden Verfahren entwickelt, die Lignozellulose oder Abfälle als Rohstoffe verwenden.

Herkömmliche Ottomotoren können mit einem **E5** (entspricht DIN EN 228) betrieben werden, eine Vielzahl von Ottomotoren verträgt aber auch bis zu 10%ige Beimischungen von Bioethanol zu Benzin. Selbst der Betrieb mit einer 25%igen Beimischung erfordert nur relativ geringfügige Änderungen an den Motoren. Darüber hinaus kann Bioethanol als Rohstoff für die Herstellung des **Antiklopfmittels ETBE** (Ethyltertiärbutylether) verwendet werden, das MTBE (Methyltertiärbutylether) ersetzt. ETBE kann bei der geltenden Kraftstoffnorm Benzin bis zu 15 % beigemischt werden. Bereits kleine **Beimischungen von Bioethanol zu Diesel** senken den Flammpunkt erheblich ab, was einer breiteren Anwendung entgegensteht.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Nutzung von **100%igem Bioethanol als Treibstoff**, wie dies vor allem in Brasilien praktiziert wird. Dies erfordert adaptierte Ethanolmotoren oder so genannte „Flexible Fuel Vehicles“ (FFV), die sowohl mit 100%igem Ethanol als auch mit herkömmlichem Benzin betrieben werden können. In verschiedenen europäischen Ländern wird der Einsatz von E85-Kraftstoffen diskutiert, die aus 85 % Ethanol und 15 % herkömmlichen Ottokraftstoff bestehen. In Schweden werden bereits Busse mit Ethanolmotoren eingesetzt

Die **Konversion des landwirtschaftlichen Rohstoffs** zu Ethanol erfolgt in konventionellen Anlagen über die Verfahrensschritte Rohstoffaufbereitung und -aufschluss, Fermentation, Rektifikation und Dehydrierung.



Quelle: KWST

Abbildung: Verfahrensschema der Bioethanolherstellung aus Melasse (Batch-Verfahren)

Der Einsatz von Bioethanol als Kraftstoffkomponente ist mit Vor- und Nachteilen verbunden. **Positiv zu bewerten** sind folgende Eigenschaften:

- Ethanol eignet sich aufgrund seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften prinzipiell gut als Kraftstoff.
- Im Vergleich zu anderen neuen Kraftstoffen ist von Vorteil, dass Ethanol lange bekannt ist und mit etablierten Techniken hergestellt werden kann.
- Ethanol hat bessere Verbrennungseigenschaften als herkömmlicher Ottokraftstoff und erhöht die Oktanzahl. Dies führt bei einer höheren Kompression des Motors zu einer Wirkungsgradverbesserung.
- ETBE kann als Ersatz der Kraftstoffkomponente MTBE verwendet werden, indem lediglich der Methanolanteil im MTBE durch einen etwas höheren Ethanolanteil ausgetauscht wird. ETBE kann problemlos in Raffinerien dem Benzin beigemischt und auch in Pipelines transportiert werden.

- MTBE-Anlagen können ohne großen Aufwand in ETBE-Anlagen umgebaut werden. Vor allem ETBE gilt inzwischen als anerkanntes Produkt. Allerdings werden die Umweltwirkungen dieser Ether auch kritisch beurteilt (vor allem in den USA).

Allerdings gilt es auch einige **Nachteile** von Bioethanol zu berücksichtigen:

- Ein von der Mineralölwirtschaft häufig vorgebrachtes Problem liegt in der Wasseraffinität von Ethanol. Ethanol ist ein Lösungsmittel und – im Gegensatz zum Benzin – mit Wasser völlig mischbar. Ein Wasser-Ethanol-Gemisch ist jedoch nicht für den Betrieb von Motoren geeignet. Dieses Phänomen erschwert die Lagerung von Bioethanol-Kraftstoffmischungen. Um die aufwändigere Lagerung zu vermeiden, kann Ethanol – wie in Schweden und den USA – erst bei der Beladung der Tankzüge beigemischt werden. Zur Verhinderung der Entmischung können dem Kraftstoff zusätzliche Lösungsvermittler beigegeben werden.
- Ethanol ist aufgrund seiner polaren Hydroxylgruppe reaktionsfreudiger als Kohlenwasserstoffe. Dies erfordert in Fahrzeugen und in der Logistikkette den Einsatz geeigneter Schläuche und Dichtungen. Um die korrodierende Wirkung von Ethanolkraftstoffen zu verhindern, ist zudem der Zusatz von Korrosionsschutzmitteln angebracht.
- Ethanol hat einen deutlich geringeren Energiegehalt als herkömmlicher Ottokraftstoff.
- Die Beimischung von Ethanol führt zu einer Erhöhung des Dampfdrucks. Die Einhaltung des im Sommer gültigen Grenzwertes erfordert Änderungen in der Kraftstoffzusammenstellung.

Die **ökologische Vorteilhaftigkeit** von Bioethanol war lange Zeit umstritten. Mithilfe von **Energiebilanzen** kann bewertet werden, wie viel fossile Energieträger eingespart werden können, wenn Bioethanol Benzin als Kraftstoff ersetzt. Bei der Herstellung von Bioethanol wird der überwiegende Teil des fossilen Energieeinsatzes in der Konversion der agrarischen Rohstoffe in Ethanol verbraucht. In der Vergangenheit kam die Mehrzahl der durchgeführten Studien zu einer Nettoenergiebilanz, die bei der Verwendung von Weizen negativ, bei der Verwendung von Zuckerrüben leicht positiv war. Diese Position haben auch das Umweltbundesamt und das BMU lange vertreten. Die IEA prognostiziert für die Zukunft jedoch **deutlich positivere Nettoenergiebilanzen**. Auch zahlrei-

che jüngst publizierte Studien in Europa und USA bestätigen diese Entwicklung. Mit modernen Produktions- und Konversionstechnologien können erhebliche Einsparungen von Treibhausgasemissionen erzielt werden. Eine mögliche Alternative zu herkömmlichen Rohstoffen liegt in der Produktion von Ethanol aus **lignozellulosehaltigen Rohstoffen** wie beispielsweise Stroh. Die Treibhausgasemissionen werden voraussichtlich deutlich niedriger sein als beispielsweise bei Ethanol aus Getreide. Zudem wird Ethanol aus Zellulose aus dem nicht für die Nahrungs- und Futtermittelindustrie nutzbaren Anteil des Getreideanbaus hergestellt, also aus ausreichend verfügbaren und erneuerbaren Rohstoffen.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die **Energie- und Treibhausgasbilanzen** für verschiedene Produktionskonzepte. Verwendete Rohstoffe und Quellen der Prozessenergie sind entscheidend für die Ergebnisse. Sehr gute Ergebnisse werden bei der Verwendung von Stroh als Rohstoff und Biogas als Quelle für die Prozessenergie erzielt, relativ schlechte Ergebnisse dagegen bei der Verwendung von Getreide und Braunkohle.

| Konversionspfad/<br>verwendete Prozess-<br>energie | Nettoenergiegewinn/Liter Ethanol<br>(MJ Output <i>J.</i> MJ fossiler Input) | Treibhausgasreduzierung/Liter Ethanol<br>(CO <sub>2</sub> -Äquivalent/0,647 l Benzin <i>J.</i><br>kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent/l Ethanol) |
|--|---|---|
| Melasse/<br>Heizöl S                               | 6,4 MJ  | 0,8 kg  |
| Rübensaft/<br>Braunkohle                           | 6,6 MJ  | 0,3 kg  |
| C-Stärke + Melasse/<br>Erdgas                      | 8,9 MJ  | 1,1 kg  |
| Getreide/<br>Erdgas                                | 6,6 MJ  | 0,7 kg  |
| Getreide/<br>Müll                                  | 14,5 MJ   | 1,1 kg  |
| Getreide/<br>Biogas                                | 19,2–21, 3 MJ   | 1,1–1,5 kg  |
| Stroh/<br>Biogas                                   | 15,7–20,1 MJ  | 1,6–1,8 kg  |

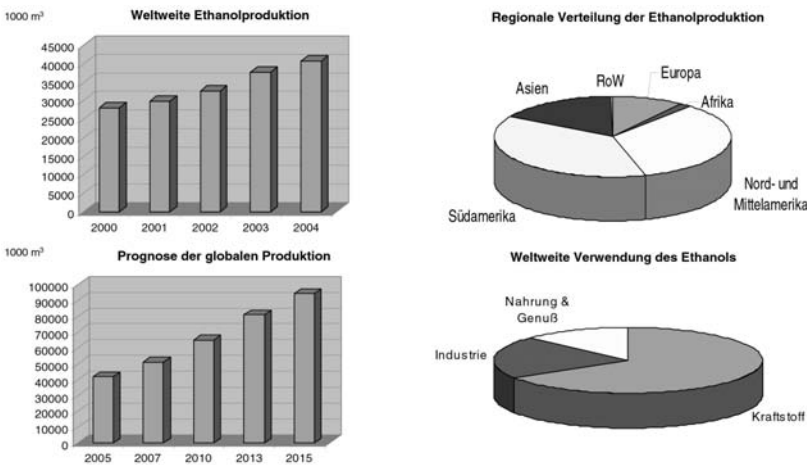
Quelle: FNR-Schriftenreihe *Nachwachsende Rohstoffe: Innovationen bei der Bioethanolherzeugung*, Münster 2005

Abbildung: Energie- und Treibhausgasbilanzen für verschiedene Produktionskonzepte von Bioethanol

### 3 Analyse des Marktes

#### 3.1 Nachfrage

Die Nachfrage nach Ethanol zur Verwendung im Kraftstoffsektor nimmt global stark zu. Im Jahr 2004 hatte der weltweite Markt ein Volumen von knapp 41 Mio. m<sup>3</sup> Ethanol. Der Kraftstoffsektor machte dabei etwa zwei Drittel des Gesamtmarktes aus.



Quelle: F. O. Licht, eigene Berechnungen

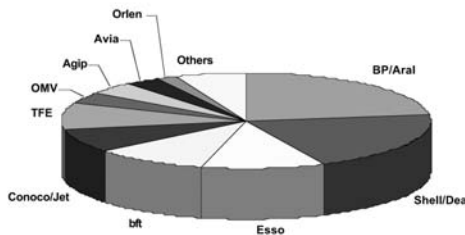
Abbildung: Weltweite Produktion und Verwendung von Ethanol

Die nachfolgende Aufstellung verdeutlicht, dass sich die Bioethanolnachfrage in Deutschland bislang weitgehend auf die Versorgung des ETBE-Marktes beschränkt.

| 2004   | 2005   | 2006 ff.   |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• In 2004 wurde zunächst nur von der ETBE-Anlage Schwedt Ethanol nachgefragt</li> <li>• Ab Herbst /Winter 2004 kamen weitere Anlagen hinzu, wie etwa Miro. Die Gesamtnachfrage des deutschen ETBE-Marktes wird auf 350.000 m<sup>3</sup> geschätzt</li> <li>• ETBE-Produktion im Ausland für den deutschen Markt</li> <li>• Keine flächendeckende Beimischung, lediglich regional begrenzt (BMV Sprint Berlin). Geringes Nachfragenvolumen. Wasseraufnahmevermögen und Dampfdruckprobleme sind nach Aussagen der Mineralölindustrie die wesentlichen »Bremsen« der direkten Beimischung</li> <li>• Feldtest der großen Mineralölgesellschaften zu Direktblending in den Neuen Bundesländern begonnen. Geringes Nachfragenvolumen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umstellung nahezu aller MTBE-Anlagen in Deutschland auf ETBE</li> <li>• ETBE-Produktion im Ausland für den deutschen Markt</li> <li>• Möglicherweise Ausweitung der direkten Beimischung, aber abhängig von zentralen Entscheidungen der Mineralölindustrie</li> <li>• Beimischung in Höhe von 5 % würde Marktvolumen von ca. 1,6 Mio. m<sup>3</sup> ergeben</li> <li>• Bei Begrenzung der Beimischung auf Winterbenzin wegen der Dampfdruckproblematik schrumpft das Marktvolumen auf 0,8 Mio. m<sup>3</sup></li> <li>• FFV-Modellvorhaben NRW und Bund</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ETBE-Produktion / weitere Ether?</li> <li>• Direkte Beimischung ?</li> <li>• Ggf. Ausbau FFV (Modellvorhaben Bayern)</li> <li>• Andere Optionen?</li> </ul> |

Abbildung: Bioethanolnachfrage in Deutschland

Der **Konzentrationsprozess der Anbieter** sowie der **sinkende Ottokraftstoffverbrauch** sind wesentliche Merkmale des Absatzmarktes für Bioethanol in Deutschland. Die **deutsche Mineralölwirtschaft** wird seit den Zusammenschlüssen von Shell mit Dea und von BP mit Veba Öl (Aral) im Jahr 2001 vor allem von diesen beiden Unternehmen geprägt. Der **Wettbewerb im Tankstellensektor** ist durch die Zusammenschlüsse sowie durch den rückläufigen Absatz verstärkt worden. Inzwischen wird der Wettbewerb nicht mehr nur über den Preis ausgetragen. Kundenbindungsprogramme und Serviceangebote an den Tankstellen haben zunehmend an Bedeutung gewonnen.

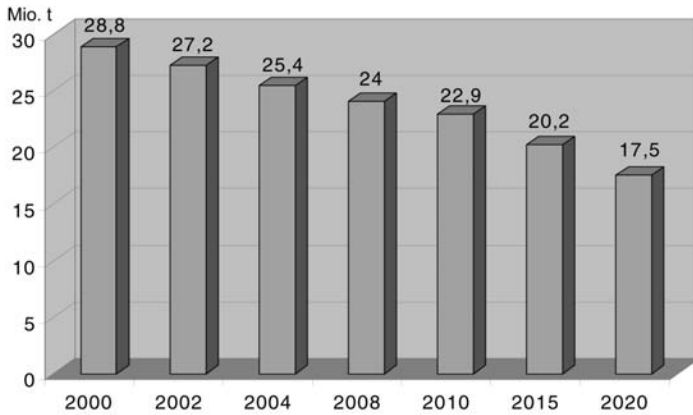


*Angaben beziehen sich auf das Jahr 2003*

*Abbildung: Marktanteile im Kraftstoffmarkt in Deutschland*

Der deutsche **Benzinverbrauch** geht seit Jahren zurück. Der Verbrauch sank von 28,8 Mio. t im Jahr 2000 auf 25,4 Mio. t im Jahr 2004. Im Jahr 2020 soll der Verbrauch nur noch 17,5 Mio. t betragen. Ursachen hierfür liegen vor allem im niedrigeren spezifischen Verbrauch der Neufahrzeuge sowie im rückläufigen PKW-Bestand mit Ottomotoren zu Gunsten von Dieselfahrzeugen. Hinzu kommt eine geringere Fahrleistung, die in jüngster Zeit vor allem der Verbrauchszurückhaltung der Konsumenten zuzuschreiben ist. Dieser Trend wird sich nach Auffassung des Mineralölwirtschaftsverbandes in den nächsten Jahren verstärkt fortsetzen.

Bislang wurde in der direkten Beimischung das große Absatzpotenzial gesehen, wohingegen ETBE nur eine bescheidene Rolle spielen soll.



Quelle: Mineralölwirtschaftsverband

Abbildung: Entwicklung des Ottokraftstoffverbrauchs

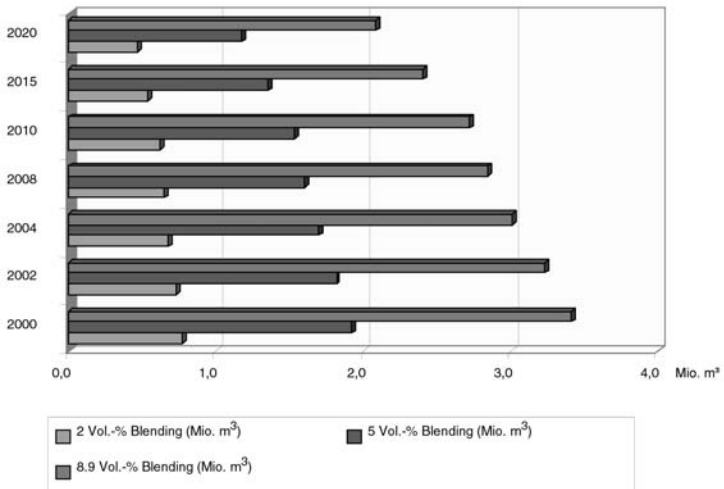


Abbildung: Marktgröße für Bioethanol bei unterschiedlichen Beimischungssätzen



Bei der derzeit geltenden Kraftstoffnorm dürfen nur max. 5 Vol.-% Ethanol beigemischt werden. **Höhere Beimischungen** erfordern eine Veränderung der Norm, was wiederum einen europäischen Konsens voraussetzt. Werden nur 5 Vol.-% Bioethanol beigemischt, so entspricht dies einem Absatzpotenzial von rund 1,6 Mio. m<sup>3</sup>. Sollte das Beimischungsziel in 2010 mit der direkten Beimischung erreicht werden, so **steigt die Nachfrage** auf 2,7 Mio. m<sup>3</sup> an.

Die deutsche Mineralölindustrie verfügt derzeit über sechs Anlagen zur Herstellung von MTBE, die in **ETBE-Anlagen** mit einer Gesamtkapazität von etwa 610.000 t umgewandelt werden könnten, was einer Ethanolnachfrage von etwa 350.000 m<sup>3</sup> entspräche. Zwei Anlagen sind bereits 2004 auf eine ETBE-Produktion umgestellt worden, weitere Anlagen folgten 2005. Seit 2004 werden auch erhebliche Mengen ETBE aus Frankreich, Skandinavien und den Benelux-Ländern importiert. Verschiedene **ausländische Produzenten** sind sehr an der Erschließung des aufgrund der Steuervorteile besonders attraktiven deutschen Marktes interessiert. Die Bereitschaft zu Investitionen zum Ausbau der ETBE-Kapazitäten (Bis 15 Vol.-% ETBE können laut Kraftstoffnorm zugemischt werden, allerdings ist ETBE im Vergleich zu Benzinkomponenten ein relativ teures Produkt, das von der Mineralölindustrie über das notwendige Maß zur Oktanzahlverbesserung hinaus nicht eingesetzt worden ist.) scheint bei etablierten Anbietern nicht gegeben zu sein. Die direkte Beimischung könnte zu einer rückläufigen Nachfrage nach ETBE führen (Substitution von ETBE durch das kostengünstigere Ethanol). Isobuten ist zudem nur begrenzt am Markt verfügbar. Auch gibt es Befürchtungen, dass es in Europa zu einer ähnlichen Ether-Diskussion wie in den USA kommen könnte. In vielen US-Bundesstaaten ist heute die Verwendung von MTBE verboten.

Positiv wirkt sich dagegen der wachsende Marktanteil von „High Performance Fuels“ wie V-100 (hoher Anteil MTBE) aus. In Summe führt dies dazu, dass bislang keine Investitionen in den Bau weiterer ETBE-Anlagen getätigt worden sind. Allerdings sind Kapazitätserweiterungen (z. B. durch „Debottlenecking“) bei bestehenden Anlagen denkbar.

Europa- und weltweit wird die Nachfrage nach Ethanol weiter steigen. Besonders relevant ist die **Nachfrageentwicklung in Brasilien**, wo ca. 14,4 Mio. m<sup>3</sup> Ethanol im Inlandsmarkt als E-100 oder E-25 in 2004 abgesetzt worden sind. Ethanolfreies Benzin ist auf dem brasilianischen Markt

nicht vorhanden. Im Jahr 2004 waren etwa 30 % der Neuzulassungen so genannte Flex Fuel-Fahrzeuge. Dieser Anteil soll bis 2010 nach Einschätzung der Mineralöl- und Automobilindustrie auf 70 % ansteigen. Im Jahr 2010 wird voraussichtlich ein Viertel, im Jahr 2015 bereits die Hälfte der Fahrzeugflotte aus Flex Fuel-Fahrzeugen bestehen. Dies wird zu einer erheblichen Ausweitung der brasilianischen Inlandsnachfrage führen.

Die **strategische Ausrichtung der brasilianischen Ethanolindustrie** konzentriert sich primär auf Absatzmärkte in den USA und in Asien, wo die Nachfrage nach Bioethanol stark zunimmt. Länder wie Japan wollen ihren zukünftigen Ethanolbedarf durch Importe decken. Der erwartete deutliche Anstieg der Nachfrage und des weltweiten Handels wird wahrscheinlich zu einer **Bindung des Ethanolpreises an den Weltmarktpreis für Benzin** (NYMEX) führen, korrigiert um die Brennwertdifferenz. Eine wachsende nationale Nachfrage bei gleichzeitig starken Schwankungen der Ethanolproduktion sowie eine zunehmende Nachfrage nach brasilianischem Ethanol in Asien sind kennzeichnend für die Marktgegebenheiten. Neben Brasilien gibt es derzeit keine großen Ethanolproduzenten, die wesentliche Mengen nach Europa bzw. Deutschland liefern könnten.

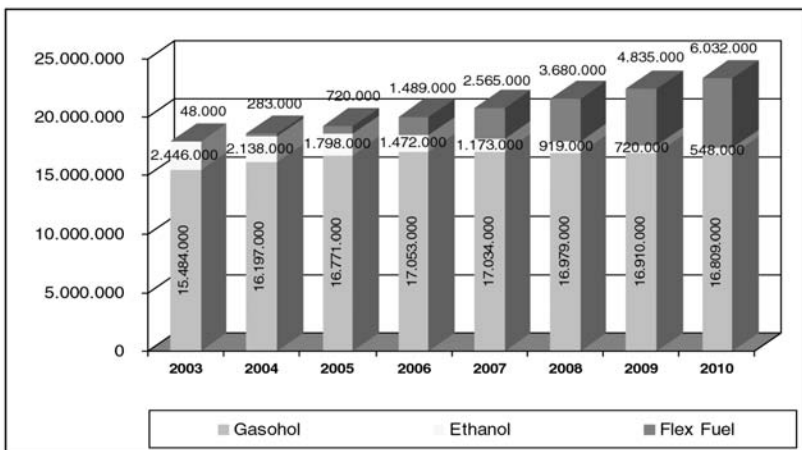


Abbildung: Entwicklung der brasilianischen Fahrzeugflotte

### 3.2 Angebot

Die Produktion von Ethanol in Deutschland hat sich bislang auf die Versorgung der **traditionellen Absatzmärkte konzentriert**, also auf die Spirituosen- und Lebensmittelindustrie sowie die chemische und pharmazeutische Industrie. Neben Ethylen ist Getreide der wichtigste Rohstoff für die konventionelle Ethanolproduktion in Deutschland.

Die **Produktionskapazitäten für Bioethanol** wurden **erheblich ausgeweitet**. Es sind drei große Bioethanolanlagen mit einer Erzeugungskapazität von etwa 540.000 m<sup>3</sup> p. a. sowie mehrere kleinere Anlagen mit einer geschätzten Kapazität von 60.000 m<sup>3</sup> entstanden. Weitere Anlagen sind in Planung.

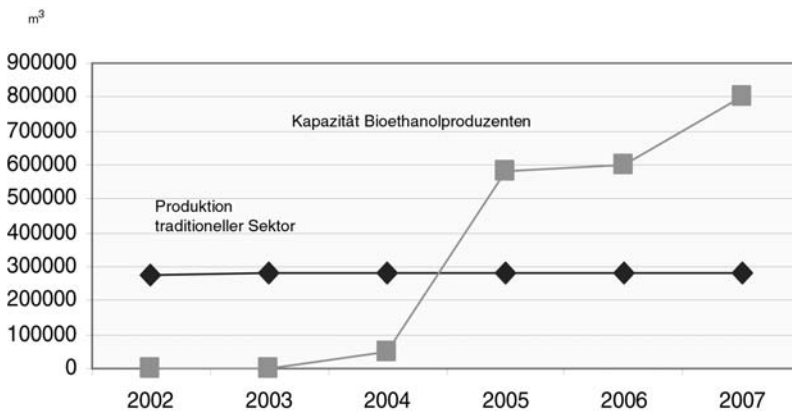


Abbildung: Erwartete Produktion und Kapazitätsentwicklung in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2007

Der deutsche Ethanolmarkt ist **hochgradig reguliert** und in **alten Strukturen** verhaftet. Die **Bundesmonopolverwaltung für Branntwein** unterstützt überwiegend kleine landwirtschaftliche Brennereien. Etwa 1.000 Brennereien produzieren Ethanol für das Monopol. Im Betriebsjahr 2003/2004 wurden rund 200.000 m<sup>3</sup> Ethanol erzeugt. Die kleinen land-

wirtschaftlichen Brennereien sind ohne die Stützung des Branntweinmonopols nicht wettbewerbsfähig. Die Zukunft des Branntweinmonopols nach 2010 ist jedoch ungewiss, da die Europäische Kommission das Branntweinmonopol als ein wettbewerbsverzerrendes Element im gemeinsamen Binnenmarkt (leichte Marktordnung Ethylalkohol) betrachtet.

Nur einige wenige Brennereien mit mittelgroßen Kapazitäten können in Deutschland außerhalb des Monopols ohne Subventionen im Wettbewerb bestehen. Verglichen mit Wettbewerbern im Ausland verfügen die deutschen Erzeuger über **relativ kleine Produktionseinheiten**, was sich nachteilig auf die Kostenposition auswirkt. Das neue EEG führt aufgrund der Höhe der Einspeisevergütung dazu, dass die Bioethanolerzeugung auch in kleinen Anlagen mit angeschlossener Biogasanlage **deutlich wettbewerbsfähiger** wird.

Der Bioethanolmarkt und der traditionelle Markt werden sich in Zukunft gegenseitig beeinflussen. Zwischen beiden Märkten wird es zu „Overflows“ kommen. Insbesondere der technische Markt ist aufgrund seiner Größe für Bioethanolproduzenten interessant. Aufgrund der 2004 vollzogenen Änderung des Branntweinmonopolgesetzes (§ 58) ist es Bioethanolproduzenten untersagt, Ethanol gleichzeitig in den Vorbehalts- und in den Kraftstoffsektor zu liefern. Dies stellt einen erheblichen Eingriff in die unternehmerischen Freiheitsgrade ein.

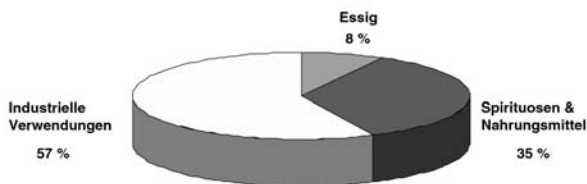


Abbildung: Traditioneller Ethanolmarkt in Deutschland

Die **Vollkosten der Ethanolerzeugung** liegen in Deutschland derzeit bei bestehenden Anlagen mit konventioneller Technik bei etwa 450 bis 500 €/m<sup>3</sup>, wobei die Rohstoffkosten etwa 70 % der Gesamtkosten darstellen. Mit den derzeit bekannten Verfahrensverbesserungen ist eine Kostenreduzierung um 10 bis 20 % zu erwarten. Die Verarbeitung von lignozellulosehaltigen Rohstoffen soll die Kosten der Ethanolerzeugung deutlich senken. Dies setzt allerdings die technische und ökonomische Marktreife entsprechender Technologien voraus. Der derzeitige **Zollschutz** sichert den europäischen Markt vor dem (wahrscheinlich) globalen Kostenführer Brasilien. Eine Absenkung des Zollschatzes ist allerdings als Folge von WTO-Verhandlungen wahrscheinlich.

Trotz mangelnder internationaler Wettbewerbsfähigkeit wird in Europa weiter in den **Aufbau von Produktionskapazitäten** investiert. Anlagen mit großen Kapazitäten sind im Bau bzw. in der Planung (z. B. Südzucker/Agrana in Österreich, Südzucker in Benelux, Abengoa in Frankreich, Polen und Deutschland, Nedalco und andere Unternehmen in Benelux, Tereos in Frankreich sowie mehrere Anlagen in Tschechien und Polen).

Deutschland hat 2004 mit etwa 290.000 m<sup>3</sup> einen Anteil von rund 10 % an der EU-25 Ethanolproduktion und ist das **größte Ethanolimportland in der EU**. Anbieter aus Europa und Übersee sind im deutschen Bioethanolmarkt aktiv. Insbesondere **Brasilien** verfügt über erhebliche Potenziale aufgrund der günstigen Kostenposition. Bei einer Reduzierung der Zollsätze könnten erhebliche Mengen Bioethanol aus Brasilien in den europäischen Markt gelangen. Brasilien verfügt zudem noch über erhebliches Expansionspotenzial, da – bei optimistischer Einschätzung – von der zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Nutzfläche von mindestens 260 Mio. ha bislang nur rund 5 Mio. ha für den Zuckerrohranbau genutzt werden.

Im Jahr 2004 wurden in der EU-25 insgesamt 2,6 Mio. m<sup>3</sup> Ethanol für den traditionellen und den Bioethanolsektor produziert. **Frankreich** und **Spanien** nehmen führende Positionen bei der Produktion von Fermentationsethanol ein. Traditionell beliefern französische Lieferanten den deutschen Ethanolmarkt. Im Bioethanolmarkt hat sich das spanische Unternehmen Abengoa in Deutschland bereits in eine führende Rolle manövriert. Aber auch Lieferanten aus anderen europäischen Ländern beliefern die Mineralölindustrie in Deutschland. ETBE wird in Skandinavien, Benelux und Frankreich für den deutschen Markt hergestellt. Das dazu verwendete Ethanol kommt bislang nicht aus deutscher Produk-

tion. Die **Wettbewerbssituation** wird sich in Europa in Zukunft **deutlich verschärfen**. In europäischen Nachbarländern sind zahlreiche Investitionsprojekte zur Errichtung von Großanlagen zur Bioethanolerzeugung in der Planung oder Realisierung.

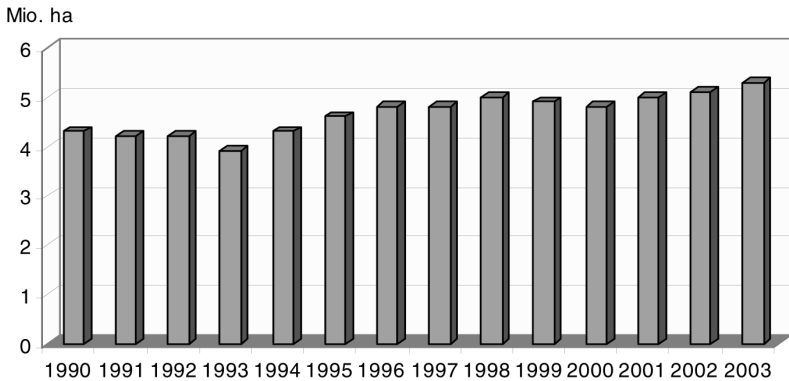


Abbildung: Anbaufläche von Zuckerrohr in Brasilien

### 3.3 Wettbewerbsdynamik

Die Entwicklung des Bioethanolmarktes wird entscheidend durch deutsche Gesetze, europäische und internationale Richtlinien und Vereinbarungen sowie durch technische Vorschriften beeinflusst werden.

Die **Wettbewerbsfähigkeit** der deutschen Bioethanolproduktion hängt stark von der **steuerlichen Förderung** ab. Zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen erlaubt die EU-Kommission eine Reduzierung der Verbrauchssteuer von bis zu 100 %. Allerdings ist die Höhe der steuerlichen Förderung begrenzt auf die Höhe des Kostennachteils von Biokraftstoffen im Vergleich zu den substituierten fossilen Kraftstoffen. In Deutschland wird Bioethanol durch § 2 a MinöStG zu 100 % von der **Verbrauchssteuer befreit**. Damit wird ein Liter Bioethanol mit 0,654 € steuerlich gefördert. Die Förderung in dieser Größenordnung wird mit hohen Ethanolkosten, Mehrverbrauch und höheren Logistikaufwendun-

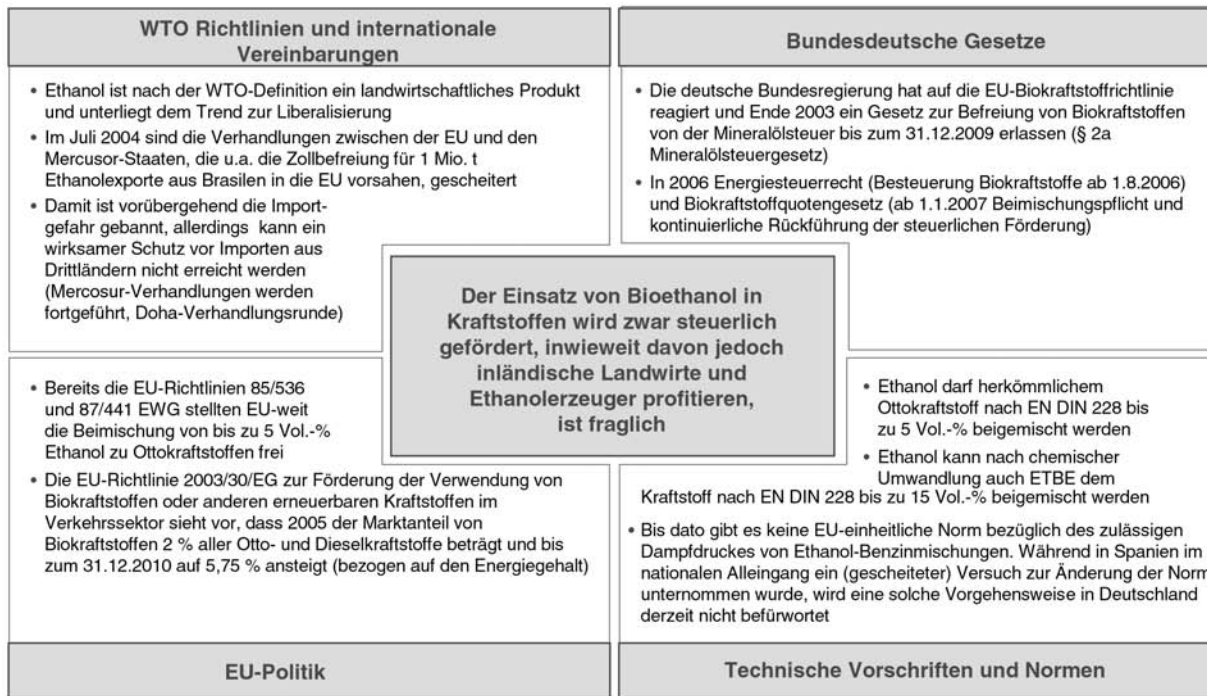


Abbildung: Rechtlich-administrativer Rahmen für Bioethanol

gen begründet. Die Kommission hat der steuerlichen Förderung in Deutschland zugestimmt, allerdings unter Auflage einer regelmäßigen **Berichtspflicht** hinsichtlich einer möglichen Überkompensation. Wird eine Überkompensation festgestellt, muss die Bundesregierung die steuerliche Förderung entsprechend reduzieren. Regelmäßig muss ein Bericht für die Kommission erstellt werden, woran verschiedene Ministerien mitwirken. Im Kern wird es dabei darum gehen nachzuweisen, dass die steuerliche Förderung in der derzeitigen Höhe sowohl bei ETBE wie bei der direkten Beimischung zum Ausgleich des Kostennachteils erforderlich ist. Es ist allerdings wahrscheinlich, dass die steuerliche Förderung über kurz oder lang reduziert bzw. auch die Einführung eines Beimischungszwangs in Erwägung gezogen wird.

Bioethanol wird voraussichtlich langfristig eine Rolle im Kraftstoffmarkt spielen. Potenzielle Substitutionsprodukte stellen die Brennstoffzellentechnologie, Autogas und Erdgas dar:

- Die **Brennstoffzellentechnologie** ist eine der interessantesten alternativen Antriebstechnologien, da sie unabhängig von Erdöl- und Erdgasvorkommen ist und keinerlei Emissionen verbreitet. DaimlerChrysler hat 2004 angekündigt, vier A-Class „F-Cell“-PKWs an die Deutsche Telekom und BEWAG/Vattenfall auszuliefern. Damit soll ein deutliches Signal gesetzt werden, dass die Brennstoffzellentechnologie ausgereift ist und jetzt in den Praxistest gehen kann. Bis zur endgültigen technischen und ökonomischen Marktreife wird dennoch Zeit vergehen. Ethanol wird als Wasserstoffträger voraussichtlich nicht eingesetzt.
- **Autogas** (Liquefied Petroleum Gas LPG) ist der am meisten verbreitete alternative Treibstoff. Weltweit nutzen neun Millionen Fahrzeuge diese relativ preisgünstige Mischung aus Propan und Butan; in den OECD-Ländern hat LPG einen Anteil von 0,9 % am gesamten Kraftfahrzeugtreibstoff. Beide Gase können entweder aus Rohöl oder aus Erdgas hergestellt werden. Autogas ist aufgrund der niedrigeren Emissionen und der relativ einfachen Handhabung eine günstige Alternative zu herkömmlichen Treibstoffen. Zwar wird Autogas Benzin oder Diesel nicht im großen Umfang ersetzen, es könnte jedoch in bestimmten Regionen oder in Großstädten (wie z. B. in Athen) verstärkt zum Einsatz kommen. Dies ist allerdings von einer entsprechenden steuerlichen Förderung abhängig.



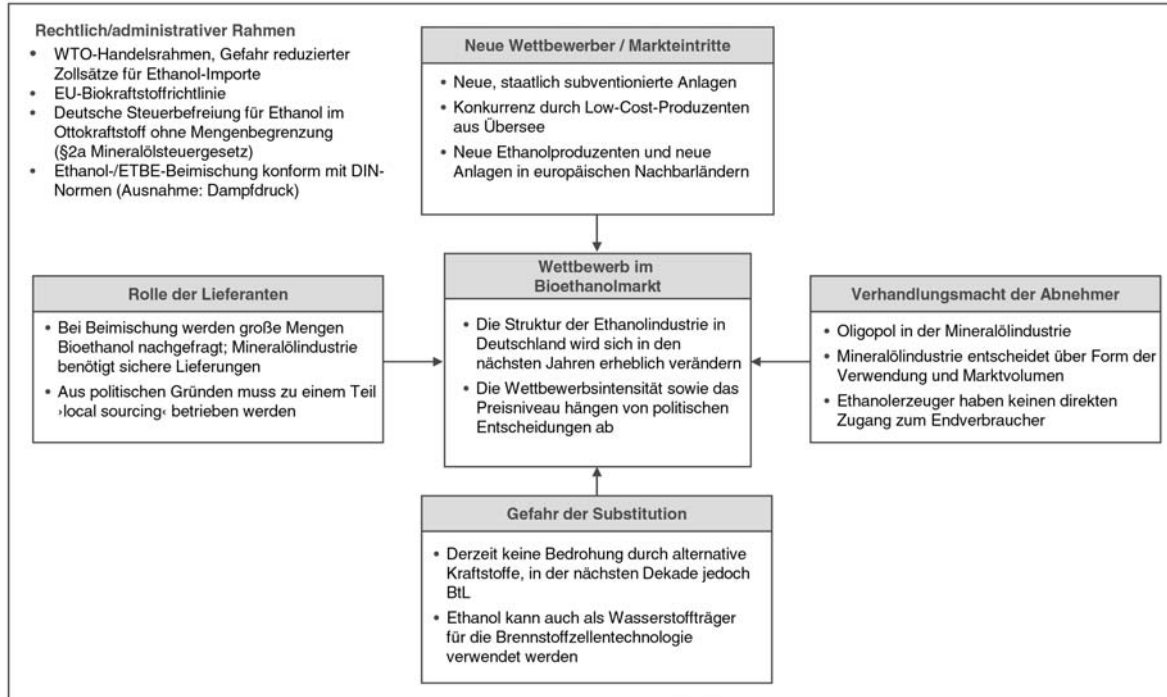


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im Bioethanolmarkt

- **Erdgas** bietet vor allem Ländern mit entsprechendem Vorkommen eine interessante Alternative. In der Regel wird Erdgas verdichtet verwendet (Compressed Natural Gas CGN). Der Transport, die Lagerung und Distribution von Erdgas verlangt eine komplett neue Infrastruktur.

Abschließend kann festgestellt werden, dass in den nächsten 10 bis 20 Jahren **Benzin** und **Diesel** die **wichtigsten Treibstoffe** bleiben werden. Allerdings werden diese beiden Haupttreibstoffe zunehmend umweltfreundlicher (Reduktion der Kohlenstoffintensität) und unabhängiger von Erdöl basierten Rohstoffen werden. **Biotreibstoffe** stellen eine **Alternative** dar, die mit der bestehenden Infrastruktur angeboten werden kann. **Bioethanol** ist auch bei einem möglichen Durchsetzen der Brennstoffzellentechnologie interessant, da es als Wasserstoffträger dienen und so das hochgiftige Methanol ersetzen kann.

#### **4 Relevante internationale Erfahrungen**

Weltweit sind **Brasilien** und die **USA** die **führenden Ethanolherzeuger**. Die wichtigsten Treiber des brasilianischen Ethanolprogramms waren die Importabhängigkeit vom Rohöl und die Überproduktion von Zuckerrohr. In Jahren mit niedrigen Zuckerpreisen am Weltmarkt sollte zudem ein inländisches Absatzpotenzial genutzt werden können. Jedes Jahr wird durch eine Verordnung die Höhe der Beimischung festgesetzt. Je nach Marktsituation schwankt dies zwischen 20 und 25 %. Die Pflichtquote wird erhöht, wenn Benzinpreise hoch und Zuckerpreise niedrig sind und vice versa.

In den USA wird im wesentlichen E10 im Markt abgesetzt. Der dort zulässige höhere Dampfdruck erleichtert die Realisierung dieser Option. MTBE wurde in zahlreichen Bundesländern verboten, und in der Folge wurde auch auf den Einsatz von ETBE verzichtet. Zur Verbesserung der Oktanzahl trägt auch das direkt beigemischte Ethanol bei.

In Europa verfügen **Frankreich, Spanien** und **Schweden** über **umfangreiche Erfahrung** bei der Verwendung von Ethanol im Kraftstoffsektor. Frankreich und Spanien setzen bislang im wesentlichen ETBE ein, in Schweden dagegen wird die direkte Beimischung praktiziert. In Schweden und Spanien ist der zulässige Dampfdruck im Sommer höher als in Deutschland, dies erleichtert die direkte Beimischung von Ethanol zum

Ottokraftstoff. Bei der Förderung von Biokraftstoffen ist die Reduzierung der Treibhausgasemissionen ein entscheidendes Motiv für Schweden. In Frankreich und Spanien dagegen spielten agrarpolitische Ziele für die Ausgestaltung der Biokraftstoffprogramme auch eine große Rolle. Frankreich hat kürzlich zudem erklärt, das führende Biokraftstoffland Europas werden zu wollen.

|   | Frankreich   | Spanien   | Schweden  | USA   | Brasilien  |
|---|--|---|---|---|--|
| Ethanolproduktion insgesamt in m <sup>3</sup> * | 880.000  | 350.000   | 69.100  | 12.350.000  | 14.400.000   |
| davon Verwendung im Kraftstoffsektor*           | 111.000  | 297.000   | 63.000<br>zzgl. 76.000 Importe  | 12.000.000  | 13.000.000   |
| Verwendungsform                                 | 15 % ETBE-Beimischung zum Ottokraftstoff   | ETBE-Beimischung zum Ottokraftstoff   | bis 5 % Ethanol im Ottokraftstoff, FFV's, E100 im ÖPNV  | 10 % Beimischung zum Ottokraftstoff   | 100 % Ethanol, Beimischung (E-25)  |
| Eingesetzte Rohstoffe                           | 75 % Zuckerrüben, 25 % Weizen  | Gerste und Weizen, z. T. Weinalkohol, Pilotanlage Zellulose   | Weizen und Gerste, Lignozellulose   | überwiegend Mais  | 100 % Zuckerrohr   |
| Ethanolpreis                                    | ca. 440–500€/m <sup>3</sup>  | ca. 440–500€/m <sup>3</sup>   | ca. 500–550€/m <sup>3</sup>   | ca. 260–320 US\$/m <sup>3</sup>   | ca. 200€/m <sup>3</sup>  |
| Förderinstrumente bzw. Volumen                  | Steuerermäßigung für drei zugelassene Einrichtungen, Fördervolumen begrenzt  | Steuerbefreiung von Ethanol für ETBE für fünf Jahre, seit 2004 Steuerbefreiung für direkte Beimischung  | Steuerbefreiung von Ethanol, mengenmäßige Beschränkung wurde aufgehoben   | Steuerermäßigung, zahlreiche weitere Förderinstrumente, abgeschotteter Markt durch hohe Zölle   | Deregulierung der Märkte in 1998. Derzeit nur noch Förderung der Anbaugelände im Nordosten   |
| Perspektiven                                    | Französischer Staat will Biokraftstoffsektor erheblich ausweiten. Lizenzen zur Errichtung neuer Anlagen werden über ein Ausschreibungsverfahren vergeben | Weiterer Ausbau der Kapazitäten, z. T. für die erwartete Nachfrage im Inland, z. T. aber auch für Exporte (bereits nach Deutschland und Schweden). Nur Abengoa-Ethanol erhält bislang steuerliche Förderung | Weiterer Ausbau der Kapazitäten, vor allem auf Lignozellulose-Basis, bislang keine Konversion der MTBE-Anlage geplant | Mit der Substitution von MTBE durch Ethanol wird eine weitere erhebliche Nachfragesteigerung erwartet, die zu einer Marktausweitung führt | Die Markteinführung von Flexible Fuel Vehicles führt zu einem weiteren Anstieg des Marktvolumens. Zudem verstärkte Bemühungen um Exporte nach USA, Asien, Europa |

\* Angaben beziehen sich auf das Jahr 2003

Abbildung: Die großen Bioethanolmärkte im Überblick

## 5 SWOT-Analyse und Schlussfolgerungen

| Stärken   | Schwächen   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bekanntes Produkt mit langer Herstellungstradition</li> <li>• Moderne Herstellungsverfahren mit positiven Energie- und Treibhausgasbilanzen</li> <li>• Technisch recht weit ausgereift, mögliche Probleme können relativ leicht gelöst werden</li> <li>• Deutsche Ethanol-Hersteller profitieren von der räumlichen Nähe zur Mineralölindustrie</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noch relativ hohe Herstellkosten von Ethanol aus herkömmlichen Rohstoffen, Bioethanol-/ETBE-Beimischungen sind nur mit staatlichen Subventionen wettbewerbsfähig</li> <li>• Bestehende kleine und mittlere Ethanolhersteller in Deutschland werden auch mittelfristig kaum wettbewerbsfähig sein (Ausnahme: Biogasanlage und Nutzung EEG)</li> <li>• Deutsche Ethanolindustrie ist bislang aufgrund des Branntweinmonopols international wenig wettbewerbsfähig gewesen. Dies ändert sich allerdings mit der Errichtung von neuen Anlagen</li> <li>• Bislang aufwändiger Konversionsprozess, daher nur geringe Nettoenergieausbeuten und hohe CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten</li> <li>• Ökologische Nachteile der intensiven Landwirtschaft</li> </ul> |
| Chancen   | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz von ETBE im Kraftstoffsektor ist mit geltendem EU-Recht und im wesentlichen mit geltenden Treibstoffnormen vereinbar</li> <li>• Zunehmend internationaler Einsatz von Bioethanol/ETBE</li> <li>• Derzeit gibt es keine marktfähigen alternativen Otto-Kraftstoffe zur Reduzierung der Treibhausgase</li> <li>• Technisch recht weit ausgereift, mögliche Probleme können relativ leicht gelöst werden</li> <li>• Bestehende Distributions-Infrastruktur kann für E5 genutzt werden, erfordert aber Investitionen</li> <li>• Für den Endverbraucher ist mit Bioethanol/ETBE gemischtes Benzin genauso gut wie herkömmlicher Ottokraftstoff</li> <li>• Absatzpotential für deutsche/europäische landwirtschaftliche Produktion (politisch gewollt)</li> <li>• Absatzchancen für Landwirtschaft</li> <li>• Verringerung der Energie-Importabhängigkeit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung der deutschen und europäischen Ethanolindustrie ist abhängig vom Außenschutz, bzw. von WTO- und Mercosur-Verhandlungen</li> <li>• Ethanolproduktion und Welthandel werden in den nächsten Jahren deutlich zunehmen, was die Strukturen der Ethanolindustrie nachhaltig verändern wird</li> <li>• Abhängigkeit von politischem Goodwill, z.B. hinsichtlich Befreiung von der Mineralölsteuer, hinsichtlich der Anpassung von Normen</li> <li>• Langfristige Verdrängungsgefahr durch alternative Kraftstoffe (Biotreibstoffe der 2. Generation)</li> </ul>  |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für die deutsche Bioethanol-Industrie

Zusammenfassend können folgende **Kernaussagen** gemacht werden. Sowohl die europäische wie die deutsche Politik fördern den Einsatz von Bioethanol erheblich. Es ist davon auszugehen, dass diese **Förderung** auch in der nächsten Dekade fortgeführt wird, wenn auch unter Umständen mit anderen Mechanismen (z. B. Beimischungszwang). Bioethanol wird seit Ende 2003 im deutschen Markt, zunächst zur Herstellung von ETBE, seit 2004 regional auch als E5, abgesetzt. Die modellhafte Einführung von FFV wurde Ende 2004 begonnen, die Beimischung zum Diesel wird noch nicht praktiziert. Das **Marktpotenzial** für Bioethanol in

Deutschland hängt ab von der weiteren Entwicklung der Nachfrage nach Benzin und der relativen Vorzüglichkeit des Ethanol für die Mineralölindustrie. Der Markt für Bioethanol im Benzin ist ein internationaler Markt. Der deutschen Mineralölindustrie steht es prinzipiell offen, ob sie Bioethanol von deutschen, europäischen oder Herstellern aus Übersee bezieht. Bei Einführung eines Beimischungszwangs werden voraussichtlich verstärkt kostengünstigere Biokraftstoffe aus Übersee eingesetzt werden. In anderen Ländern sind die Biokraftstoffmärkte für den Wettbewerb weniger offen. So wird z. B. in Spanien nur Ethanol einer spanischen Firma steuerlich gefördert und zur ETBE-Herstellung verwendet. In Frankreich ist die Situation ähnlich. Nur Unternehmen mit Produktionsstätten in Frankreich kommen in den Genuss einer steuerlichen Förderung ihrer Produkte.

Bioethanol bietet – bei heimischer Produktion – der Landwirtschaft große Absatzpotenziale. Preiswerte Bioethanolimporte aus Übersee stellen die größte Bedrohung für die europäische Bioethanolherstellung dar. Bislang ist der Markt noch durch die hohen Zollsätze für unvergälltes Ethanol geschützt. WTO- und Mercosur-Verhandlungen führen wahrscheinlich zu einer Absenkung dieser Zollsätze bzw. zu Importkontingenten. Dies wird zusätzlichen Druck auf die europäischen Produzenten ausüben.

Marktfähige Alternativen zu Bioethanol im Ottokraftstoffmarkt gibt es derzeit nicht. Die Marktposition von Bioethanol wird in den nächsten Jahren aufgrund von Effizienzsteigerungen und Verbesserungen der Treibhausgasbilanz stärker.

## **6 Quellenverzeichnis**

### **Literatur**

Government of the State of São Paulo, Secretariat of the Environment: Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil, März 2004

Henke, J. M./Klepper, G./Schmitz, N.: Tax exemption for biofuels in Germany: Is bioethanol really an option for climate policy? *The international Energy Journal*, 2004

International Energy Agency (IEA): *Biofuels for Transport. An International Perspective*, Paris 2004

International Sugar Organization: *Brazil's Ethanol Future: Implications for Brazil's Sugar Exports*, London 2004

- Kavalov, B./Peteves, S. D.: Impacts of the increasing automotive diesel consumption in the EU, European Commission, Joint Research Centre, 2004
- Licht, F. O.: World Ethanol Markets. Analysis and Outlook, London 2004
- Mineralölwirtschaftsverband: Mineralöl-Zahlen 2003, Hamburg 2004
- o. V.: Ethanol exports to rise strongly, in: F. O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report, Vol. 2, No. 20, June 22, 2004, S. 383
- o. V.: MTBE, in European Chemical News, January – February 2003, S. 6
- o. V.: Biofuels: Stirrings in the corn fields, in: The Economist, May 14, 2005
- Reinhardt, G. A./Zemanek, G.: Treibhausgasbilanz Bioenergieträger. Basisdaten, Ergebnisse, Bewertungen: Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Initiativen zum Umweltschutz 17, Berlin 2000
- Sarkkinen, Kari: Technology for bioethanol production from different raw materials, International Symposium on Alcohol Fuels, Beijing, September 21–24, 1998
- Schmitz, Norbert (Hrsg.): Bioethanol in Deutschland, Bd. 21 der Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ der FNR, Münster 2003
- Schmitz, Norbert (Hrsg.): Innovationen bei der Bioethanolerzeugung, Bd. 26 der Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ der FNR, Münster 2005
- Wilson, Edward O.: Die Zukunft des Lebens, München 2002

# **Schmier- und Verfahrensstoffe**

Volker Lenz

Michael Weber \*

---

\* Dipl.-Ing. Volker Lenz und Dipl.-Ing., M. Sc. Michael Weber;  
IE Leipzig – Institut für Energetik und Umwelt gGmbH,  
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig, [www.ie-leipzig.de](http://www.ie-leipzig.de)





---

# Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| <b>Schmier- und Verfahrensstoffe .....</b>  | <b>239</b> |
| <b>Abbildungen.....</b>                     | <b>242</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                      | 243        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....    | 246        |
| 3 Analyse des Marktes.....                  | 249        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen..... | 261        |
| 5 Quellenverzeichnis .....                  | 261        |

## Abbildungen

|   |     |
|---|-----|
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich<br>biogene Schmier- und Verfahrensstoffe .....                        | 244 |
| Übersicht über die wichtigsten Teilmärkte für<br>biogene Schmier- und Verfahrensstoffe .....                        | 245 |
| Produktdefinition und Wertschöpfungskette<br>biogene Schmier- und Verfahrensstoffe .....                            | 248 |
| Wettbewerbssituation im Markt für<br>biogene Schmier- und Verfahrensstoffe .....                                    | 253 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken<br>von Nawaro als Rohstoffe für Schmier- und Verfahrensstoffe ..... | 260 |

## 1 Zusammenfassung

Der Gesamtmarkt für Schmierstoffe lag 2003 in Deutschland bei etwa 1,1 Mio. t. Davon wurden etwa 46.500 t mit Anteilen Nachwachsender Rohstoffe (Nawaro) abgesetzt. Der Anteil der gemäß Markteinführungsprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ geförderten **Bioschmierstoffe** der „Positivliste“<sup>1</sup> lag mit 7.100 t **unter 1 % des Gesamtmarktes**. Als positives Beispiel ist der Bereich Sägekettenhaftöle und Sägegatteröle zu nennen; biogene Schmierstoffe haben hier einen Marktanteil von 80 % erreicht.

Der Marktwert des im Folgenden betrachteten Marktsegments beläuft sich auf etwa 2,6 Mrd. €, wovon etwa 21 Mio. € auf die biogenen Schmier- und Verfahrensstoffe der Positivliste entfallen.

Biogene Schmier- und Verfahrensstoffe werden aus **Ölsaaten** hergestellt, wobei in Deutschland hauptsächlich **Rapssaat** Verwendung findet. Es kommen aber auch Sojaöl, Palmöl, Sonnenblumensaat und tierische Fette wie Rindertalg zum Einsatz. Pflanzenöle für die Herstellung von Schmier- und Verfahrensstoffen werden nahezu ausschließlich in Großanlagen produziert.

Der **Gesamtmarkt** für Schmier- und Verfahrensstoffe **stagniert**. Das **EU-weite Marktpotenzial** für biogene Schmier- und Verfahrensstoffe liegt bei etwa 1,5 Mio. t/a und ist **erst zu 0,1 % ausgeschöpft**.

Da biogene Schmier- und Verfahrensstoffe **biologisch schnell abbaubar** sind, haben sie in umweltsensiblen Bereichen **Nutzungsvorteile** gegenüber mineralölbasierten Produkten. Allerdings gibt es heute auch mineralölbasierte Schmier- und Verfahrensstoffe, die ebenfalls biologisch abbaubar sind. Insgesamt wird heute mit einem Anteil von 65 % die weit-aus größere Menge der biologisch abbaubaren Schmierstoffe aus Mineralölen hergestellt.

---

1 Zur Ausgestaltung des Markteinführungsprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ wurde eine Positivliste als Nachschlagewerk erstellt, in der alle Produkte (inkl. Hersteller) aufgeführt sind, für die eine Förderung gewährt wird. Im Bereich der biogenen Schmier- und Verfahrensstoffe werden für die Umstellung von Hydraulikflüssigkeiten, Motorenölen und Getriebeölen, sowie für Verlustschmierungen Pauschalbeträge ausbezahlt. Die genauen Fördermodalitäten können bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe erfragt werden ([www.fnr.de](http://www.fnr.de)).

| Kriterien  | Ausprägungen im Markt für biogene Schmier- und Verfahrensstoffe   |
|--|---|
| <b>Marktgröße im Jahr 2003 in D</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Gesamtabsatz liegt bei knapp 1,1 Mio. t. Der Marktwert liegt bei etwa 2,6 Mrd. €</li> <li>• Die biogenen Schmierstoffe (Positivliste) nehmen ein Volumen von etwa 7.100 t ein (Marktwert ca. 21 Mio. €)</li> </ul>   |
| <b>Marktwachstum</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Langfristig bis 2010/2020 eher stagnierender Gesamtmarkt auf dem bisherigen Niveau</li> <li>• Der Marktwert wird durch die Rohölpreisentwicklung beeinflusst und daher künftig wahrscheinlich über dem hier genannten Ausgangswert liegen</li> </ul>                       |
| <b>Absatz- u. Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absatz von Nawaro für Schmierstoffe der Positivliste aus deutschem Anbau in 2004: 20.000 t (3,5 Mio. €)*</li> <li>• Für die Marktentwicklung bis 2020 kann weiterhin von einem dynamischen Wachstum ausgegangen werden</li> </ul>  |
| <b>Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitstellung der Nawaro aus Deutschland und Importen an Soja- und Palmöl</li> <li>• Hohe Energie- und Personalkosten beeinträchtigen die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft gegenüber den billig produzierenden osteuropäischen Nachbarstaaten</li> </ul> |
| <b>Risiken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zum Teil negative Erfahrungen aus der Vergangenheit</li> <li>• Diskussion um Additive und damit verminderte Umweltverträglichkeit</li> <li>• Ohne Fortführung des Markteinführungsprogramms (2 Mio. €/a) verminderte Wachstumsperspektiven</li> </ul>                      |
| <b>Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzungsvorteile gegenüber mineralölbasierten Produkten besonders in umweltsensiblen Bereichen</li> <li>• Biologisch schnell abbaubar</li> <li>• Ressourcenschutz durch Energieeinsparung und Substitution von Rohöl</li> </ul>  |

Quelle: Darstellung auf Basis IFAS Aachen, 2005

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich biogene Schmier- und Verfahrensstoffe

|                        | Hydrauliköle   | Getriebeöle  | Motorenöle   | Metallbearbeitungsöle  | Sonstige Umlauföle   | Schmieröle und -fette  | Sägekettenhaft- u. Sägegatteröl  |
|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| Nawaro Marktgröße 2003 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.442 t</li> <li>• 11,5 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 191 t</li> <li>• 1 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 61 t</li> <li>• 0,5 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.245 t</li> <li>• 2 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 252 t</li> <li>• 1,5 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 918 t</li> <li>• 2,5 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.000 t</li> <li>• 2 Mio. €</li> </ul>  |
| Marktwachstum*         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 6 %/a</li> <li>• 2011–2020: +</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 7 %/a</li> <li>• 2011–2020: +</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 7 %/a</li> <li>• 2011–2020: +</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 7 %/a</li> <li>• 2011–2020: +</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 7 %/a</li> <li>• 2011–2020: +</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 6 %/a</li> <li>• 2011–2020: +</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 2 %/a</li> <li>• 2011–2020: +</li> </ul>  |
| Treiber                | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bessere Produkteigenschaften</li> <li>+ Grundwasserschutz</li> <li>+ Verbrauchs- und Energieeinsparung</li> <li>+ Steigender Ölpreis</li> <li>- Preis</li> <li>- Image</li> <li>- Additive</li> <li>- Abbaubare Mineralölprodukte</li> <li>- Förderung für Markteinführung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bessere Produkteigenschaften</li> <li>+ Grundwasserschutz</li> <li>+ Verbrauchs- und Energieeinsparung</li> <li>+ Steigender Ölpreis</li> <li>- Preis</li> <li>- Image</li> <li>- Additive</li> <li>- Abbaubare Mineralölprodukte</li> <li>- Förderung für Markteinführung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bessere Produkteigenschaften</li> <li>+ Grundwasserschutz</li> <li>+ Verbrauchs- und Energieeinsparung</li> <li>+ Steigender Ölpreis</li> <li>- Preis</li> <li>- Image</li> <li>- Additive</li> <li>- Abbaubare Mineralölprodukte</li> <li>- Förderung für Markteinführung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bessere Produkteigenschaften</li> <li>+ Grundwasserschutz</li> <li>+ Verbrauchs- und Energieeinsparung</li> <li>+ Steigender Ölpreis</li> <li>- Preis</li> <li>- Image</li> <li>- Additive</li> <li>- Abbaubare Mineralölprodukte</li> <li>- Förderung für Markteinführung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bessere Produkteigenschaften</li> <li>+ Grundwasserschutz</li> <li>+ Verbrauchs- und Energieeinsparung</li> <li>+ Steigender Ölpreis</li> <li>- Preis</li> <li>- Image</li> <li>- Additive</li> <li>- Abbaubare Mineralölprodukte</li> <li>- Förderung für Markteinführung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bessere Produkteigenschaften</li> <li>+ Grundwasserschutz</li> <li>+ Verbrauchs- und Energieeinsparung</li> <li>+ Steigender Ölpreis</li> <li>- Preis</li> <li>- Image</li> <li>- Additive</li> <li>- Abbaubare Mineralölprodukte</li> <li>- Förderung für Markteinführung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Bessere Produkteigenschaften</li> <li>+ Grundwasserschutz</li> <li>+ Verbrauchs- und Energieeinsparung</li> <li>+ Steigender Ölpreis</li> <li>- Preis</li> <li>- Image</li> <li>- Additive</li> <li>- Abbaubare Mineralölprodukte</li> <li>- Förderung für Markteinführung</li> </ul> |

\* Inflationbereinigt; Quelle: Darstellung auf Basis IFAS Aachen, 2005

Abbildung: Übersicht über die wichtigsten Teilmärkte für biogene Schmier- und Verfahrensstoffe

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Für biogene Schmier- und Verfahrensstoffe eröffnet sich ein breites Anwendungsfeld. Im Einzelnen können folgende Produkte bzw. Produktgruppen unterschieden werden:

- **Hydrauliköle** (technische Öle zur Kraftübertragung in mobilen und stationären Anwendungen): Rapsöl (HETG) ist als Mehrbereichs-Hydrauliköl in normal belasteten Arbeitsmaschinen, etwa in Landmaschinen (z. B. Mähdrescher, Anbaugeräte) und Müllfahrzeugen, prinzipiell zwar gut geeignet, die Marktbedeutung ist aber nur noch gering. Rapsöl weist eine Tanktemperaturbeständigkeit bis 70 °C und eine Kältebeständigkeit bis -10 °C auf. HEES ist als Mehrbereichs-Hydrauliköl aufgrund seiner höheren Tanktemperaturen und größeren Kältebeständigkeit (Außentemperaturen bis -20 °C) für den Einsatz in Forstmaschinen, Baggern, Raupendozern, Bohrgeräten etc. geeignet.
- **Multifunktionsöle** (als Hydrauliköl oder als Getriebeöl einsetzbare Schmiermittel): Der Einsatz erfolgt in land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen sowie in Kommunal(Spezial)-Fahrzeugen mit einem einzigen Ölkreislauf für die Hydraulik und für die Getriebe- und Bremsenschmierung, die normalen Belastungen ausgesetzt sind. Multifunktionsöle werden unter der Bezeichnung UTTO (Universal Tractor Transmission Oil) angeboten. Multifunktionsöle können durch geeignete Hydrauliköle ersetzt werden.
- **Getriebeöle** (technische Öle zur Schmierung von Getrieben, Schnecken usw.): Sie werden in Fahrzeuggetrieben im land- und forstwirtschaftlichen und im kommunalen Bereich sowie in Planeten- und Schneckengetrieben, hier u. a. bei der lebensmittelnahen Anwendung, eingesetzt. Durch ihren hohen Viskositätsindex, der über dem der substituierbaren Mineralölprodukte liegt, erfüllen sie im Allgemeinen die Herstellerforderungen voll und ganz. Ihre Scherstabilität ist ausgezeichnet. Eindringendes Wasser kann abgelassen werden, schädigt langfristig aber das Öl.
- **Motorenöle** (technische Öle zur Schmierung von Elektro- und Verbrennungsmotoren): Es gibt zuverlässige 2- und 4-Takt-Motorenöle mit Grundölen aus pflanzenölbasiertem synthetischem Ester, die sehr hohen Ansprüchen genügen. Es werden sogar Hochleistungs-Leichtlauföle angeboten, die aufgrund der schnellen Durchölung

den Motorverschleiß reduzieren und den Kraftstoff- und Ölverbrauch senken. Dabei verlängern zinkfreie und phosphorarme Additive die Haltbarkeit des Katalysatorsystems. Für Dieselmotoren mit Partikelfilter sollen leistungsfähige native Öle zum Einsatz kommen.

- **Schmieröle und -fette** (technische Öle und Fette im Regelfall zur Verlustschmierung, z. B. bei Landmaschinen): Sie werden insbesondere im Bereich der Land- und Forstwirtschaft sowie in der Kommunalwirtschaft bei Schmierungen von Bahnen und Gleisen (z. B. Straßenbahnen), von wasserbaulichen Anlagen (z. B. Wehren, Schützen und Schleusen) sowie von Mähwerken und anderen landtechnischen Maschinen verwendet. Hierbei handelt es sich um so genannte Verlustschmierungen, wobei die Schmieröle und -fette ins Erdreich bzw. Grundwasser gelangen.
- **Sägekettenhaft- & Sägegatteröle** (technische Öle zur Verlustschmierung von Sägeketten und Sägegattern): Sie finden bei der Schmierung von Sägeketten und Sägegatter sowohl im Privatkundenbereich als auch in der Forst- und Kommunalwirtschaft Verwendung.
- **Formtrennmittel**: Sie werden im Betonbau zur Trennung von Schalung und Beton nach dem Erhärten sowie beim Druckgießen im Metallbereich eingesetzt. Formtrennmittel sind in der Regel auf der **Basis von Mineralöl** hergestellt. In einigen Anwendungsbereichen enthalten sie auch organische Lösemittel.
- **Kühlschmierstoffe**: Sie finden bei der spanenden Metallverarbeitung (Drehen, Fräsen, Sägen, Bohren, Schleifen, Stanzen, Pressen, Tiefziehen, Drahtziehen) Verwendung. Sie vermindern die Reibung zwischen Werkstück und Werkzeug, führen die entstandene Wärme ab und transportieren die Späne weg von der Zerspanungsstelle. Kühlschmierstoffe bestehen in der Regel aus Mineralöl und verschiedenen Zusatzstoffen. Diese Zusammensetzung birgt Gefahren für Gesundheit und Umwelt. Kühlschmierstoffe auf Basis von Nawaro sind biologisch abbaubar, wegen ihres hohen Preises aber wenig verbreitet.



|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Produkt(gruppe)                 | <b>Produkt-/Produktgruppen-Definition</b>   |
| Hydrauliköle                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Öle Kraftübertragung in mobilen und stationären Anwendungen</li> </ul>  |
| Multifunktionsöle               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmiermittel, das sowohl als Hydrauliköl als auch als Getriebeöl einsetzbar ist</li> </ul>  |
| Getriebeöle                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Öle zur Schmierung von Getrieben, Schnecken usw.</li> </ul>   |
| Motorenöle                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Öle zur Schmierung von Elektro- und Verbrennungsmotoren</li> </ul>  |
| Schmieröle und -fette           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Öle und Fette im Regelfall zur Verlustschmierung (z. B. Landmaschinen)</li> </ul>   |
| Sägekettenhaft- & Sägegatteröle | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Öle zur Verlustschmierung von Sägeketten und Sägegattern</li> </ul>   |
| Produkt(gruppe)                 | <b>Wertschöpfungskette</b>  |
| Schmier- und Verfahrensstoffe   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ölsaatenzeuger → Landhändler / Zentrallager → Ölmühle → Raffinerie zur Grundölherstellung → Produktion mit Additivierung und Konfektionierung zu Verfahrensstoffen → Vertrieb → Nutzung</li> </ul> |

Abbildung: Produktdefinition und Wertschöpfungskette biogene Schmier- und Verfahrensstoffe

Bei der Herstellung biogener Schmier- und Verfahrensstoffe kann auf eingeführte landwirtschaftliche Produktionsverfahren sowie auf ausgereifte **Technologien** aufgebaut werden. Die **Ölsaatenproduktion** erfolgt auf der Basis der üblichen landwirtschaftlichen Produktionsverfahren. Die **Pflanzenölbereitung** (vgl. auch Kapitel „Pflanzenöl als Kraftstoff“) erfolgt aufgrund von Kosten- und Qualitätsvorteilen in **Großanlagen**. Die großtechnische Ölproduktion ist seit Jahren Stand der Technik. In Deutschland stellen 13 Großanlagen **raffiniertes Pflanzenöl** her:

- Rohstoffbedarf 500 bis 4.000 t Ölsaaten pro Tag,
- Jahresproduktion ca. 6,5 bis 8,8 Mio. t aus Rapssaat, Sojabohnen und Sonnenblumensaat,
- Ölausbeute ca. 40 %,
- Energiebedarf ca. 1,7 GJ/t Ölsaat.

Zusätzlich werden nennenswerte Mengen an Soja- und Palmöl importiert. Zudem erfolgt eine Aufarbeitung von Rindertalg.

Die Produktion der entsprechenden biogenen Schmier- und Verfahrensstoffe aus raffiniertem Pflanzenöl erfolgt u. a. durch Zumischung von Additiven (HETG<sup>2</sup>) oder durch Umesterung (HEES<sup>3</sup>). Funktionsfähige Techniken und Verfahren sind vorhanden. Es besteht außerdem Potenzial für eine kontinuierliche Verbesserung und Weiterentwicklung von Schmier- und Verfahrensstoffen.

Die Nutzung biogener Schmier- und Verfahrensstoffe ist – im Unterschied zu den fossilen Konkurrenzprodukten – mit einer **Schonung endlicher Ressourcen**, einer **geringeren Wassergefährdung**, einer im Allgemeinen gegebenen **Ungiftigkeit** und **biologischen Abbaubarkeit** verbunden. Durch einen meist besseren Viskositätsindex besteht ein geringerer Widerstand bei niedrigen Temperaturen, wodurch **Verbrauchs- und Energieeinsparungen** erzielt werden können.

### 3 Analyse des Marktes

Der **Einsatz** biogener Schmierstoffe bietet sich derzeit vor allem bei Arbeiten in Gebieten an, die aus Wasser-, Natur- und Umweltschutzgründen besonders kritisch sind (u. a. Wasserschutzgebiete, Waldgebiete, landwirtschaftliche Nutzflächen, Natur- und ggf. Landschaftsschutzge-

---

2 HETG (Hydraulic Oil Environmental Triglyceride) – natürlicher Ester

3 HEES (Hydraulic Oil Environmental Ester Synthetic) – künstlicher Ester

biote, Parks und Anlagen, Nationalparks). Es ist ein **weltweiter Markt** vorhanden, dessen Schwerpunkt in den Industrieländern liegt, bei denen Umweltbelange einen hohen Stellenwert haben. In **Deutschland** stellen die Land- und Forstwirtschaft, die Bewirtschaftung von Parks, Anlagen und Landschaftspflegeflächen, von Straßenrändern, Wasserstraßen und Bahndämmen sowie der Straßen- und Tiefbau wichtige Anwendungsgebiete dar, wobei die wichtigsten Märkte im Bereich Bau- und Forstwirtschaft liegen.

### **Generelle Marktentwicklung und Potenzial**

Aus der weltweit zunehmenden Technisierung resultiert ein globaler Zuwachs der Nachfrage an Schmier- und Verfahrensstoffen. Der Einsatz nativer Öle ist derzeit rückläufig, da die synthetischen Ester bessere Eigenschaften aufweisen. Im Bereich der Motorenöle (stationäre Anwendung mit Auffrischung) ist ein verstärkter Einsatz nativer Öle jedoch denkbar.<sup>4</sup>

In der **EU** fallen ca. 2,9 Mio. t/a an Altölen aus Schmierstoffen an. Davon werden nur ca. 1,7 Mio. t/a konsequent recycelt, die restlichen 1,2 Mio. t/a stellen ein Gefährdungspotenzial für die Umwelt dar. Biogene Schmierstoffe werden EU-weit nur zu ca. 100.000 t/a eingesetzt, während das Marktpotenzial bei ca. 1,5 Mio. t/a liegt.

In **Deutschland** ist der Absatz von Schmierstoffen leicht rückläufig und liegt bei ca. 1,1 Mio. t/a. Dabei handelt es sich um ca. 60 % Industrieschmierstoffe und 40 % Autoschmierstoffe (d. h. Getriebe- und Motorenöl). Weniger als 1 % der Absatzmenge, nämlich rund 7.100 t im Jahr 2003, sind biogene Schmierstoffe gemäß der „Positivliste“, d. h. mit mehr als 50 % Nawaro-Anteil. Das Marktwachstum der biogenen Schmierstoffe lag in den Jahren 2000 bis 2003 insbesondere durch die Förderung des BMELV jeweils bei rund 12 %. Seitdem stagniert dieses Marktsegment. In etwa 40.000 t Schmierstoffen sind biogene Anteile von weniger als 50 % enthalten. Von den insgesamt in Deutschland eingesetzten Schmierstoffmengen werden ca. 0,25 bis 0,5 Mio. t/a in die Umwelt freigesetzt, was mit erheblichen Umweltbelastungen verbunden ist.

---

4 vgl. Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH, März 2005

## Marktentwicklung und Potenzial für einzelne Produkte

- **Hydrauliköle:** Sie bilden nach den Motorenölen die **zweitgrößte Gruppe der Schmierstoffe**. Ihr **Gesamtverbrauch** in Deutschland liegt bei ca. **150.000 t/a**. Davon werden etwa 60.000 t/a im Mobilhydraulikbereich eingesetzt. Während der Markt für Mobilhydrauliköle in den letzten vier Jahren ständig geschrumpft ist (zuletzt jedoch wieder Anstieg auf den Wert von 1999), ist die abgesetzte Menge an **biogenem Hydrauliköl** um durchschnittlich **20 % gewachsen**. Betrug der Anteil von biogenem Hydrauliköl am Mobilhydraulikmarkt 2,9 % im Jahr 2000, so waren es im Jahr 2003 bereits 5,8 %. Auch dieses Wachstum geht auf die Verbreitung von Informationen und vor allem die Förderung durch das BMELV zurück.
- **Multifunktionsöle:** Der Einsatz erfolgt primär in Spezialmaschinen, so dass nur ein **begrenzttes Marktvolumen** vorhanden ist. Das **Marktwachstum** ist vergleichbar mit dem der Hydraulik- und Getriebeöle.
- **Getriebeöle:** Sie stellen die **drittgrößte Gruppe** der Schmier- und Verfahrensstoffe dar. Mit 8,3 % Anteil am Gesamtmarkt liegen sie geringfügig über den Metallbearbeitungsölen. Sie können in nahezu allen Nutzfahrzeugen sowie in vielen Maschinen (u. a. der Lebensmittelbe- und -verarbeitung) eingesetzt werden. Am **Gesamtmarkt** (inkl. UTTO) in Deutschland von rund **89.000 t/a**, haben biogene Getriebeöle einen Anteil von 0,2 %, also 191 t/a. Selbst bei längeren Standzeiten der Getriebeöle **wächst die Nachfrage im Kfz-Bereich** aufgrund des ständig steigenden Fahrzeugbestands, während im **Industriebereich** eine **sinkende Nachfrage** auszumachen ist.
- **Motorenöle:** Sie stellen die **größte Gruppe** der Schmierstoffe dar. In Europa fallen etwa 50 % des Schmierstoffverbrauchs im Bereich der 4-Takt-Motorenöle an; in Deutschland sind es 32 %. Ihr Einsatz ist in nahezu allen PKW und Nutzfahrzeugen möglich. Am **Gesamtmarkt** im Jahr 2003 von rund **344.000 t/a** hatten biogene Motorenöle 2003 einen Anteil von 0,02 %, also 61 t. Der Gesamtabatz ist seit 1997 um etwa 16 % deutlich zurückgegangen. In den Jahren 2001 bis 2003 ist ein stagnierender Absatz zu verzeichnen.<sup>5</sup>

---

5 vgl. IFAS, 2005

- **Schmieröle und -fette:** Sie haben am **Gesamtmarkt** einen Anteil von rund **4 %**. In Deutschland werden ca. **36.000 t/a** Schmierfette verwendet und direkt in der Natur freigesetzt. Da mithin keine Möglichkeit zur Wiederaufbereitung besteht, ist der Einsatz fossiler Rohstoffe bedenklich. Dennoch werden jährlich nur 327 t biogene Schmierfette (0,9 % aller abgesetzten Schmierfette in 2003) eingesetzt.<sup>6</sup> Durch eine fortschreitende Technisierung bei gleichzeitig sparsamerem Verbrauch von Schmierölen und -fetten **stagniert** der **Markt** in Deutschland.
- **Sägekettenhaftöl und Sägegatteröl:** Es handelt sich um einen **Nischenmarkt**, der in Deutschland zu 80 % aus biogenen Rohstoffen gedeckt wird. In 2003 wurden 1.000 t biogene Sägekettenhaftöl und Sägegatteröl verwendet. Der **Markt stagniert** im Großen und Ganzen.
- **Formtrennmittel:** In Deutschland werden auf Baustellen und bei der Herstellung von Betonfertigteilen jährlich rund **25.000 t** Trennmittel eingesetzt.<sup>7</sup> Der Einsatz von umweltfreundlichen und gesundheitsunschädlichen Trennmitteln wird zunehmend verlangt, so dass mit einem **wachsenden Einsatz biogener Formtrennmittel** zu rechnen ist.
- **Kühlschmierstoffe:** Jährlich werden ca. **70.000 t mineralölbasierte Kühlschmierstoffe** verwendet. Nur etwa 1 bis 2 % der Nachfrage wird mit biogenen Produkten abgedeckt. Das weitere Marktwachstum hängt zum einen von der Förderung und zum andern von der Wahrnehmung durch den Kunden ab. Geeignete Einsatzvorschriften sowie Vorteile in den Produkteigenschaften könnten sich dabei positiv auswirken.

---

6 vgl. IFAS, 2005

7 vgl. C.A.R.M.E.N.: Betontrennmittel auf Pflanzenölbasis

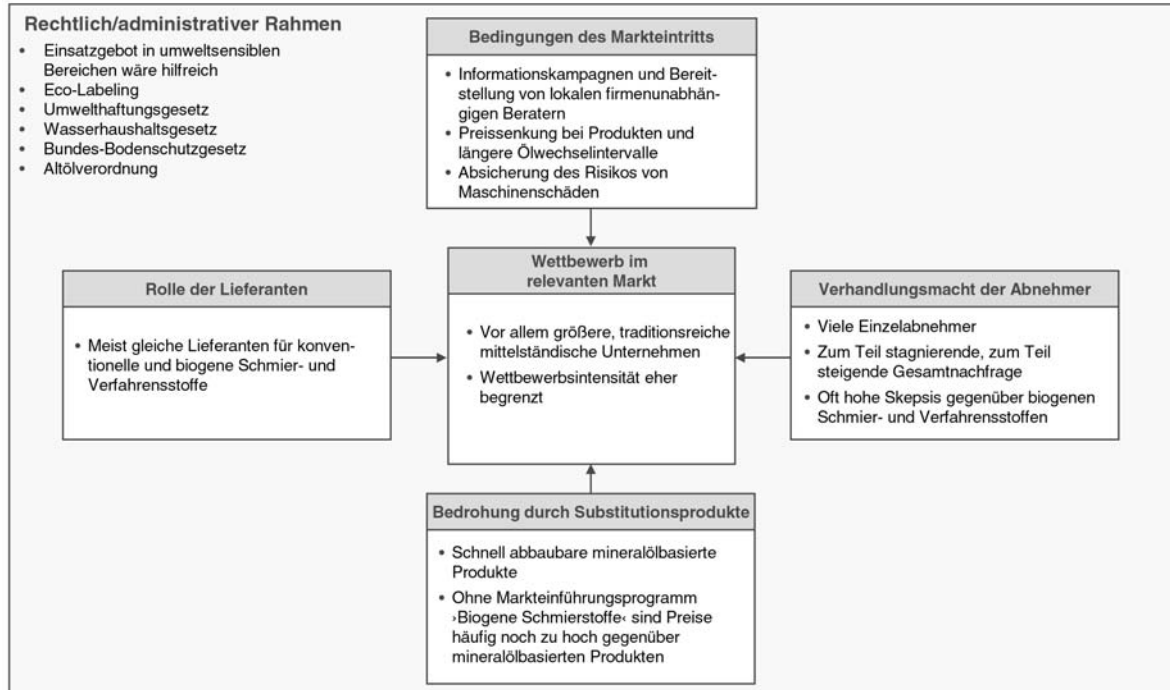


Abbildung: Wettbewerbssituation im Markt für biogene Schmier- und Verfahrensstoffe

### Generelle Wettbewerbssituation

- Wegen der hohen Kosten bei der Produktentwicklung sind vor allem größere traditionsreiche mittelständische Unternehmen wie die Fuchs AG, Panolin, Kajo oder Bechem im Markt aktiv.
- Der landwirtschaftliche Anbau erfolgt durch unabhängige Produzenten, wobei der Rohstoff auch zu Kraftstoffen und/oder Lebensmitteln weiterverarbeitet werden kann.
- Die Ölproduktion erfolgt in 13 industriellen großtechnischen Anlagen.
- Neben der inländischen Ölproduktion werden auch nennenswerte Mengen an Soja- und Palmöl importiert.
- Produktion und Vertrieb sind meist eng verflochten. Bis 2010/20 wird voraussichtlich in diesem Bereich eine weitere Konzentration stattfinden.
- Sowohl in Deutschland als auch in anderen Ländern werden die gesetzlichen Vorgaben zum Einsatz biogener Schmierstoffe in umweltsensiblen Bereichen zum Teil erweitert.
- Biogene Schmierstoffe sind in der Regel teurer. Der Preisunterschied kann teilweise durch eine höhere Qualität und durch ein verbessertes Ölmanagement kompensiert werden.

### Generelle Bedingungen des Markteintritts

- **Relevante Technologien:** Biogene Schmier- und Verfahrensstoffe können prinzipiell überall dort eingesetzt werden, wo mineralölbasierte Produkte Anwendung finden. Hierzu sind ggf. geeignete Dichtungen zu entwickeln, die durch die biogenen Schmier- und Verfahrensstoffe nicht angegriffen werden. Außerdem sind Geräte zur einfachen und/oder kontinuierliche Ölqualitätskontrolle erforderlich.
- **Umstellungskosten:** Passende Bioöle müssen ausgewählt und beschafft werden, und es muss die Herstellerfreigabe für Schläuche und Dichtungen überprüft werden. Bei der Umstellung auf biogene Hydrauliköle müssen außerdem die bestehenden Systeme gereinigt und gespült werden.
- **Zugang zu Vertriebskanälen:** Prinzipiell stehen die gleichen Vertriebskanäle offen wie bei herkömmlichen Produkten. Es gibt eine große Produktionsvielfalt, so dass für fast alle Anwendungsfälle angepasste Produkte zu finden sind.
- **Nutzer:** Die positiven Eigenschaften biogener Schmier- und Verfahrensstoffe sind nicht ausreichend bekannt. Kenntnisse und

Erfahrungen mit den Produkten fehlen weitgehend, da ihnen aufgrund anfänglicher Schwierigkeiten bei der Umstellung ein negatives Image anhaftet (z. B. Angst vor Maschinenschäden).

- **F&E-Bedarf:** Die Entwicklung biologisch abbaubarer und nicht-toxischer Additive erscheint vorrangig.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die relativ hohen Preise für biogene Schmier- und Verfahrensstoffe im Vergleich zu konventionellen Produkten zu einer schlechten **Wettbewerbssituation** führen und den **Markteintritt** hemmen. Für die einzelnen Produkte stellt sich die Situation wie folgt dar.

- **Hydrauliköle:** Gemäß der Positivliste des IFAS<sup>8</sup> bieten 40 Unternehmen, darunter alle großen in Deutschland tätigen petrochemischen Betriebe sowie mittelständische Anbieter, nach den Kriterien des Markteinführungsprogramms zugelassene biogene Hydrauliköle an. Der gegenüber herkömmlichen Mineralölprodukten 2- bis 5-fach höhere Preis für biogene Produkte ist derzeit trotz der besseren Produkteigenschaften und längeren Standzeiten noch deutlich zu hoch.

Durch ein verbessertes Ölmanagement (mit regelmäßigen Untersuchungen) können die höheren Liter-Preise durch höhere Betriebsstundenzahlen zwischen den Ölwechseln gesenkt werden.

- **Multifunktionsöle:** Gemäß der Positivliste des IFAS bieten 13 große und mittelständische Unternehmen nach den Kriterien des Markteinführungsprogramms zugelassene biogene Multifunktionsöle an. Der gegenüber herkömmlichen Mineralölprodukten 3- bis 5-fach höhere Preis für biogene Produkte ist derzeit trotz der besseren Produkteigenschaften und längeren Standzeiten noch deutlich zu hoch.

Trotz bis zu dreimal längerer Standzeiten sind die Gesamtkosten für biogene Multifunktionsöle für den potenziellen Nutzer inklusive der Kosten für die Ölprüfungen und die Filterwechsel noch um bis zu 100 % höher als beim Einsatz mineralölbasierter Multifunktionsöle.

- **Getriebeöle:** Gemäß der Positivliste des IFAS bieten 17 Unternehmen nach den Kriterien des Markteinführungsprogramms zugelassene biogene Getriebeöle an. Praktisch alle großen in Deutschland tätigen petrochemischen Betriebe sowie Mittelständler sind auf

---

8 IFAS: Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen der RWTH Aachen



dem Markt aktiv. Der gegenüber herkömmlichen Mineralölprodukten 1,2- bis 5-fach höhere Preis für biogene Produkte ist derzeit trotz der besseren Produkteigenschaften und längeren Standzeiten noch deutlich zu hoch.

- **Motorenöle:** Gemäß der Positivliste des IFAS bieten sechs Unternehmen zugelassene biogene Motorenöle an. Wichtig wäre ein Einsatz direkt ab Werk sowie eine entsprechende Kennzeichnung der Fahrzeuge und Einfüllstutzen. Entsprechend der zum Teil sehr unterschiedlichen Leistungsanforderungen der verschiedenen Motoren ist im Sinne eines preiseffektiveren Angebots eine weitere **Ausdifferenzierung** wünschenswert. So könnten bei geringeren Anforderungen günstige native Öle, bei höheren Anforderungen teurere synthetische Ester eingesetzt werden. Der gegenüber herkömmlichen Mineralölprodukten 3- bis 10-fach höhere **Preis** für biogene Produkte ist derzeit trotz der besseren Produkteigenschaften und längeren Standzeiten noch deutlich zu hoch.

Der Markt für biogenes Motorenöl wird interessant werden und weiter wachsen, wenn mineralölbasierte Motorenöle deutlich im Preis zulegen (sich mindestens um den Faktor 2 verteuern). Der Einsatz entsprechend weiterentwickelter biogener Motorenöle bei Dieselfahrzeugen mit Partikelfilter könnte aufgrund der Schonung des Partikelfilters interessant sein.

- **Schmieröle und -fette:** Gemäß der Positivliste des IFAS bieten 19 Unternehmen nach den Kriterien des Markteinführungsprogramms zugelassene biogene Schmieröle und -fette an.
- **Sägekettenhaftöl und Sägegatteröl:** Gemäß der Positivliste der IFAS bieten acht Unternehmen nach den Kriterien des Markteinführungsprogramms zugelassene biogene Sägegatteröle an. Die Verwendung von Sägekettenhaftöl wird nicht gefördert. Mit 80 % weisen biogene Produkte bereits eine sehr starke Marktdurchdringung auf. Eine darüber hinausgehende Marktdurchdringung mit biologisch schnell abbaubaren Sägekettenhaftölen ist nur mit weiteren erheblichen Marketingmaßnahmen möglich. Prinzipiell stehen die gleichen Vertriebskanäle offen wie bei herkömmlichen Sägekettenhaftölen.

Der Preis für das Sägekettenhaftöl auf der Basis von Nawaro liegt derzeit etwa 40 bis 50 % höher als bei mineralischen Produkten.

- **Formtrennmittel** und **Kühlschmierstoffe**: Biogene Formtrennmittel werden nicht durch das Markteinführungsprogramm gefördert. Gemäß der Positivliste bieten zehn Unternehmen nicht wassermischbare und ein Unternehmen wassermischbare Kühlschmierstoffe an. Der Vertrieb erfolgt in der Regel über die gleichen Vertriebskanäle durch Unternehmen, die auch die herkömmlichen Produkte anbieten. Biogene Formtrennmittel und Kühlschmierstoffe sind teurer als entsprechende mineralölbasierte Produkte, so dass die Kunden von dem Zusatznutzen infolge Umwelt- und Gesundheitsfreundlichkeit sowie durch den technologischen Mehrwert überzeugt werden müssen.

### **Verhandlungsmacht der Abnehmer**

- Es besteht ein weltweiter Markt mit inländischen und ausländischen Abnehmern, der eine breite Palette sowohl konventioneller als auch biogener Produkte anbietet.
- Wichtigste Abnehmergruppen sind der forstwirtschaftliche Sektor im weiteren Sinne sowie die Baubranche.
- Es existieren zwar nur wenige Abnehmergruppen, bei denen es sich aber um relativ viele und wenig kapitalkräftige Einzeleinheiten handelt, die in der Regel unabhängig voneinander agieren und sich kaum untereinander abstimmen. Darunter befinden sich derzeit noch viele kommunale Abnehmer (u. a. Städte bzw. städtische Unternehmen, Straßenmeistereien, Lohnunternehmer im Land-, Forst- und Gartenpflege-Bereich).
- Die Anzahl kommunaler Abnehmer wird aufgrund von Kostendruck, z. B. durch die Zusammenlegung von Forstämtern oder durch Outsourcing, zunehmend reduziert, während die Anzahl der Lohnunternehmen mit der steigenden Konzentration zunimmt.
- Die Abnehmer sind in der Regel sehr preissensibel. Der kommunale und forstwirtschaftliche Bereich zeigt zum Teil Interesse an Nawaro. Allerdings besteht ein hohes Maß an Unkenntnis über die Einsatzmöglichkeiten der biogenen Schmierstoffe. Auch werden die Einsatzmöglichkeiten teilweise sehr skeptisch beurteilt, wofür vereinzelte schlechte Beispiele in den 90er Jahren verantwortlich sind. So gibt es erhebliche Befürchtungen bezüglich Maschinenschäden.
- Gesetzliche Vorgaben sowie der Preis sind die wichtigsten kaufentscheidenden Kriterien.

In Deutschland existiert **keine homogene Anbieterstruktur** für Ölsaaten, da die Effektivität des Ölsaatenanbaus aufgrund der Agrarstruktur regional unterschiedlich ist. Der Transport der Ölsaaten, ebenso wie die Ölproduktion, wird sowohl klein- als auch großtechnisch problemlos realisiert. Der Markt der Lieferanten ist gekennzeichnet durch einen weitgehend funktionierenden Wettbewerb. Für die Produktion der biogenen Schmier- und Verfahrensstoffe wäre eine verbindliche Qualitätsnorm der gepressten Öle wichtig, da die definierte Qualität für die Weiterverarbeitung entscheidend ist. Neben der inländischen Produktion gewinnt der Import von Soja- und Palmölen immer mehr an Bedeutung. Letztlich ist für die Hersteller der Bioschmierstoffe nur die Verfügbarkeit günstiger Grundöle mit definierten Eigenschaften wichtig. Zwischenhändler sind im Rahmen der bestehenden Vertriebsstruktur der Petrochemie vorhanden.

Der Markt für biogene Schmier- und Verfahrensstoffe ist durch die **Konkurrenz zu den klassischen Mineralölprodukten** gefährdet – insbesondere da biologisch schnell abbaubare Mineralölprodukte die Vorteile biogener Produkte mindern oder gar aufheben. Die in der Masse am Markt eingesetzten Mineralölprodukte (nicht schnell abbaubar, keine verlängerten Standzeiten) sind zwar meist im Preis günstiger, haben aber oft etwas schlechtere Eigenschaften (u. a. Viskosität, Standzeiten, ökologische Aspekte). In technischer Hinsicht sind biogene Produkte im Allgemeinen gut entwickelt und voll konkurrenzfähig.

Voraussetzung für ein **Wachstum des Marktes** für biogene Schmier- und Verfahrensstoffen ist die Fortführung des Markteinführungsprogramms.

Im Einzelnen gelten folgende **rechtliche Rahmenbedingungen**:

- VDMA-Richtlinie 24568 zum Restmineralölgehalt und tolerierbaren Wasseranteil.
- Wasserhaushaltsgesetz – biogene Schmierstoffe sind in der Regel nicht oder nur gering wassergefährdend WHG 1. Gemeinden, Forstbehörden, Baubehörden, Untere Wasserbehörden können auf Basis des WHG in bestimmten Gebieten den Einsatz biologisch schnell abbaubarer Schmierstoffe anordnen.
- Altölverordnung – Zuordnung der biologisch schnell abbaubaren Schmierstoffe zur Kategorie 4.
- Markteinführungsprogramm „Biogene Treib- und Schmierstoffe“.
- Umwelthaftungsgesetz.

- Geprüft wird gegenwärtig der Erlass einer Verordnung über Anwendungsgebote und Anwendungsverbote für Verlustschmierstoffe auf Grundlage des § 6 des Bundes-Bodenschutzgesetzes.
- Eco-Labels: „Blauer Engel“, „Swedish Standard“ und „European Eco-Label für Schmierstoffe“.
- VOB/VOL: In der Leistungsbeschreibung sind Umweltgesichtspunkte zu berücksichtigen.
- Bundes-Bodenschutzgesetz.

**Zusammenfassend kann festgehalten werden:**

Die Existenz bestimmter Produkte im Bereich biogener Schmier- und Verfahrensstoffe ist von staatlicher Förderung abhängig, denn klassische Mineralölprodukte erfüllen ihren Zweck und sind deutlich preisgünstiger. Ohne staatliche Förderung oder staatliche Regelungen (Nutzungsgebot) besteht für biogene Schmier- und Verfahrensstoffe in vielen Bereichen kaum eine Chance zur Marktdurchdringung.

Im Zeitraum von 2000 bis 2005 wurden im Rahmen des MEP biogene Schmierstoffe bei mehr als 20.000 Erstausrüstungen und Umrüstungen unterstützt, wobei Fördergelder in Höhe von ca. 20 Mio. € flossen.

Eigentlich wären auch Vorteile bei der Entsorgung zu erwarten. Diese können jedoch am Markt nicht beobachtet werden, was zum Teil an der fehlenden Datenbasis liegt oder darin begründet ist, dass zu geringe Mengen aufgezehrt wurden.

| Stärken  | Schwächen  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutz endlicher Ressourcen</li> <li>• Beitrag zur Energieeinsparung</li> <li>• Biologisch schnell abbaubar</li> <li>• Nicht oder nur gering wassergefährdend</li> <li>• Entsorgung durch thermische Verwertung möglich</li> <li>• Technisch konkurrenzfähig, teilweise sogar bessere Produkteigenschaften als fossile Konkurrenzprodukte</li> <li>• Am Markt problemlos verfügbar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preis</li> <li>• Zum Teil negativ besetztes Image biogener Schmierstoffe</li> <li>• Fehlende Freigaben der Maschinenhersteller</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlängerung der Standzeiten</li> <li>• Verbesserte rechtliche Regelungen auch in Ländern außerhalb Deutschlands</li> <li>• Bessere Kommunikation und verbessertes Marketing</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion um Additive und damit verminderte Umweltverträglichkeit</li> </ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Nawaro als Rohstoffe für Schmier- und Verfahrensstoffe

## 4 Relevante internationale Erfahrungen

International werden vor allem Umwelt-Label in Hinblick auf Abbaubarkeit, Ökotoxikologie und Wasserlöslichkeit von Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten vergeben. So haben die **Niederlande** das Umweltzeichen „Milieukeur“ für die Produktgruppe Hydrauliköle und Verlustschmierstoffe eingeführt. Der **Nordische Rat** (Dänemark, Finnland, Island, Norwegen, Schweden) vergibt das Umweltzeichen „Nordischer Schwan“. In **Schweden** wird zudem das Umweltzeichen „Swedish Standard“ vergeben und eine Positivliste mit Produkten geführt. In der **EU** kann ein Eco-Label für Bioschmierstoffe nach bestimmten Kriterien vergeben werden (z. B. Anteil Nawaro > 50 % bei Hydrauliköl, > 45 % bei Getriebeöl, > 70 % bei Sägekettenöl, Betontrennmitteln und Verlustschmierstoffen).

In der **Schweiz** gibt es bereits rechtliche Regelungen zur Vorbeugung von Ölverlusten in geschützten Umweltbereichen. In **Österreich** werden mit der UZ 14 Vergaberichtlinien für Sägekettenöle auf Pflanzenölbasis festgelegt.

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- BMELV: Bericht über biologisch schnell abbaubare Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten. Bonn 2002
- C.A.R.M.E.N.: Betontrennmittel auf Pflanzenölbasis
- Fediol: Manifesto an „Non-Food“ Oilseeds. Mai 2000
- FNR: Gülzower Fachgespräche „Bioschmierstoffe in der kommunalen Praxis – Fachtagung Lokale Agenda 21“. Gülzow 1999
- FUCHS Europe Schmierstoffe GmbH: persönliche Auskunft von Herrn R. Luther; Mannheim März 2005
- IFAS Aachen: Wissenschaftliche Begleitforschung zum MEP Biogene Treib- und Schmierstoffe – Phase 2-2. Zwischenbericht; Aachen Januar 2005
- IFAS Aachen: Die Marktsituation biologisch abbaubarer und biogener Schmierstoffe in Deutschland 2006. Aachen September 2006
- Maschinenring-Wetterau: Preisliste Hessen Sonderaktion. 2005



# Chemie

Matthias Graf von Armansperg \*

---

\* Dipl.-Ing./MBA Matthias Graf von Armansperg; meo Consulting Team,  
Weissenburgstr. 53, 50670 Köln, [www.meo-consulting.com](http://www.meo-consulting.com)  
Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Jörg Rothermel von der Fachvereinigung  
Organische Chemie im VCI, der uns im gesamten Verlauf der Studie tatkräftig  
unterstützt hat.





---

# Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| <b>Chemie .....</b>                         | <b>263</b> |
| <b>Abbildungen .....</b>                    | <b>266</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                      | 269        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....    | 272        |
| 3 Analyse des Marktes.....                  | 275        |
| 3.1 Gesamtmarkt.....                        | 275        |
| 3.2 Fette und Öle.....                      | 281        |
| 3.3 Stärke und Zucker .....                 | 287        |
| 3.4 Cellulose.....                          | 291        |
| 3.5 Biopolymere .....                       | 292        |
| 3.6 Bewertung.....                          | 298        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen..... | 305        |
| 5 Quellenverzeichnis .....                  | 307        |

## Abbildungen

|  |     |
|--|-----|
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich pflanzlicher Chemierohstoffe .....                           | 270 |
| Übersicht über den Markt für pflanzliche Chemierohstoffe .....   | 271 |
| Vielseitige Verwendung von Nawaro entlang der chemischen Wertschöpfungskette.....                          | 272 |
| Einsatzmöglichkeiten für Nawaro in der chemischen Industrie .....  | 274 |
| Kennzahlen der Chemieindustrie.....  | 276 |
| Produktionswert der Chemiesparten in Mrd. € im Jahr 2003 .....   | 277 |
| Inländische Absatzstruktur der chemischen Industrie .....  | 277 |
| Einsatz synthetischer Grundstoffe in der chemischen Industrie (gesamt 2,5 Mio. t).....                     | 280 |
| Einsatz von Nawaro in der deutschen chemischen Industrie .....   | 281 |
| Anteile von tierischen und von pflanzlichen Fetten und Ölen am Weltmarkt 2003 (gesamt 124,6 Mio. t) .....  | 282 |
| Herkunft von Fetten und Ölen in der chemisch-technischen Industrie in Deutschland (gesamt 1,2 Mio. t)..... | 283 |
| Anwendungsbereiche für Fette und Öle in Deutschland (gesamt 1,2 Mio. t).....                               | 283 |
| Das Marktvolumen für Nawaro in der deutschen Oleochemie.....   | 284 |
| Verwendungsmöglichkeiten von Tensiden (gesamt 10 Mio. t weltweit) .....                                    | 286 |
| Tensidgruppen und Verbrauch in Europa .....  | 286 |
| Anwendung von Kohlehydraten.....   | 287 |
| Anwendung von Stärkeprodukten (gesamt 1,6 Mio. t).....   | 288 |
| Menge an Weißzucker/Isoglukose mit Produktionserstattung.....  | 290 |
| Anwendung von Cellulose .....  | 292 |
| Überblick über Biopolymere .....   | 293 |

---

|  |     |
|--|-----|
| Anwendung biologisch abbaubare Polymere.....   | 294 |
| Entwicklung der weltweiten Produktionskapazitäten<br>für Polymere (in t).....  | 295 |
| Auswahl markteingeführter BAW-Typen.....   | 296 |
| Kunststoffverbrauch in Westeuropa 2003 (gesamt ca. 40 Mio. t).....   | 296 |
| Beispiele für BAW-Spezialanwendungen .....   | 297 |
| Wesentliche Markteintrittsbarrieren für Nawaro in der<br>chemischen Industrie .....  | 300 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Nawaro in der deutschen chemischen Industrie.....   | 304 |
| Entwicklung wichtiger Einsatzfelder für Nawaro in der<br>chemischen Industrie in Europa gemäß Hochschätzung<br>und Annahmen des ERRMA-Reports..... | 305 |
| US-Verbrauch an Bioprodukten in der chemischen Industrie .....   | 306 |
| Vision für Bioenergie und biobasierte Produkte in den USA.....   | 306 |



## 1 Zusammenfassung

Mit **136 Mrd. € Umsatz** erreichte die deutsche chemische Industrie im Jahr 2003 einen Marktanteil von 25 % in Europa und von 8,3 % weltweit. Mit einem geschätzten Anteil von etwas über 10 % vom Rohstoffeinsatz ist sie weltweit führend im Einsatz von Nawaro. Die ca. 1.700 Chemieunternehmen (90 % kleinere und mittlere Unternehmen) in Deutschland stehen allerdings unter hohem Wettbewerbsdruck, da neue Anbieter aus dem mittleren Osten und Asien mit modernen Produktionsanlagen sowie niedrigen Lohn- und Energiekosten aggressiv in den internationalen Markt vorstoßen.

Der **Gesamtmarkt für Nawaro** in der deutschen chemischen Industrie beträgt etwa **2,5 Mio. t.**<sup>1</sup> Davon sind etwa 2,1 Mio. t pflanzlichen und der Rest tierischen Ursprungs. Etwa **30 bis 40 %** der von der chemischen Industrie verarbeiteten Nawaro stammen **aus deutschem Anbau**, wobei Raps, Sonnenblumen, Kartoffeln, Weizen, Mais und Zuckerrüben zu den wichtigsten Pflanzen zählen. Die Zuckermarktordnung hat den deutschen Markt bislang vor einem verstärkten Importdruck geschützt. Durch Produktionserstattungen für Chemiezucker wurde der Preisunterschied zum Weltmarkt ausgeglichen. Aus dem Ausland werden insbesondere Cellulose auf Eukalyptus- und Pinienbasis sowie Laurinöl (Kokosnuss/Palmkern), Sojaöl und Weizen importiert. Industrielle Anbaumethoden und genmodifizierte Nutzpflanzen bieten ausländischen Wettbewerbern deutliche Kostenvorteile.

Der Markt für pflanzliche Nawaro wächst nach Einschätzung von Experten bis 2010 durchschnittlich um 4 % pro Jahr auf etwa 2,6 Mio. t. Bis 2020 werden weiterhin **deutliche Wachstumsraten** erwartet. Der Markt für Kohlehydrate auf Zuckerbasis wächst, angetrieben von der weißen Biotechnologie, mit 10 bis 15 % p. a. Fette/Öle, Stärke und Cellulose zeigen ein durchschnittliches Wachstum von 2 bis 3 % p. a. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich zahlreiche Konversionstechnologien von Biomasse, die mittel- bis langfristig die Voraussetzung für eine breitere Nutzung von Nawaro als Chemierohstoff bilden, derzeit noch im Stadium der Grundlagenforschung befinden.

---

1 Einschließlich 0,5 Mio. t Stärke für die Papierindustrie, ohne 0,2 Mio. t Naturfasern

| Kriterien   | Ausprägung pflanzliche Chemierohstoffe  |
|---|---|
| <b>Marktgröße in 2004 in D</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,1 Mio. t (Fette/Öle 800 kt, Stärke 640 kt, Zucker 240 kt, Cellulose 320 kt, Sonstige 120 kt)</li> <li>• 1 Mrd. €</li> </ul>  |
| <b>Marktwachstum</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 % durchschnittliches Mengenwachstum p. a. bis 2010 erwartet</li> <li>• Geschätzte Marktgröße 2010: 2,6 Mio. t / 1,2 Mrd. €</li> <li>• Bis 2020 leichtes Wachstum</li> </ul>  |
| <b>Absatz- und Einkommenspotenzial für dt. Land- u. Forstwirtschaft</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absatz von Nawaro aus deutschem Anbau in 2004: 900 kt</li> <li>• Umsatz mit Nawaro aus deutschem Anbau in 2004: 330 Mio. €</li> <li>• Steigender Preisdruck durch internationale Marktöffnung drückt auf das Einkommenspotenzial</li> </ul>  |
| <b>Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- u. Forstwirtschaft</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knapp die Hälfte der Nawaro stammt aus deutschem Anbau (Import von Cellulose und ausgewählten Fetten/Ölen)</li> <li>• Deutsche Land- und Forstwirtschaft ist durch hohe Energie- und Personalkosten benachteiligt</li> <li>• Ausländischer Wettbewerb nutzt Effizienzvorteile aus intensivem Anbau von genmodifizierten Pflanzen</li> <li>• Internationaler Wettbewerb verschärft sich durch Abbau von Stützungs- und Schutzmaßnahmen (WTO)</li> </ul> |
| <b>F&amp;E Defizite</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagenforschung über Synthesebausteine und biotechnologische Verfahren auf Basis von Nawaro (-weiße- Biotechnologie)</li> <li>• Forschung zur Ertragssteigerung von Nutzpflanzen (Crop Sciences)</li> <li>• Entwicklung von Endanwendungen für Nawaro (Kunststoffe, Schmierstoffe etc.)</li> </ul>   |
| <b>Risiken</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunehmender Regulierungsdruck (z. B. REACH), hohe Rohstoff- und Energiekosten am Standort Deutschland</li> <li>• Beschleunigte Produktionsverlagerung ins Ausland</li> <li>• Eingeschränkte Verfügbarkeit von Nawaro für die chemische Industrie durch Flächenkonkurrenz mit Rohstoffen für den Nahrungs- und Energiesektor</li> </ul>   |
| <b>Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter 5 % des Rohölverbrauchs in Deutschland entfällt auf die chemische Industrie. Der Nachhaltigkeitseffekt bei einer Substitution durch Nawaro ist begrenzt</li> <li>• Hoher Mengenbedarf erfordert oftmals intensive Anbaumethoden. Im Ausland werden zunehmend genmodifizierter Nutzpflanzen eingesetzt</li> <li>• Die Variabilität beschränkt sich auf wenige Nutzpflanzen (ca. sieben Pflanzenarten)</li> </ul>                                  |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich pflanzlicher Chemierohstoffe

|                                 | Fette/Öle  | Stärke/Zucker<br>(Kohlenhydrate)   | Cellulose   |
|---------------------------------|--|--|---|
| Nawaro<br>Marktgröße<br>in 2004 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 800.000 t* (Importe: 73 %)</li> <li>• 360–450 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 880.000 t (Importe: 27 %)</li> <li>• 235–310 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 320.000 t (Importe: 100 %)</li> <li>• 225–320 Mio. €</li> </ul>  |
| Markt-<br>wachstum              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 2–3 %</li> <li>• 2011–2020: stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: Stärke 2–3 %, Zucker 10–15 %</li> <li>• 2011–2020 weiter wachsend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 2–3 %</li> <li>• 2011–2020 stagnierend</li> </ul>  |
| Treiber                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steigender Erdölpreis</li> <li>+ Nachfrage aus Osteuropa</li> <li>+ Neue chemisch-technische Anwendungen (Schmierstoffe)</li> <li>+/- Der Bedarf an Bulktsiden für Wasch- und Reinigungsmittel stagniert</li> <li>- Anziehende Rapsölpreise durch steuerliche Förderung von Biodiesel</li> <li>- Wettbewerb durch asiatische Oleochemieunternehmen</li> <li>- Angebot genmodifizierter Ölpflanzen mit höherem Ertrag aus dem Ausland</li> <li>- Innovationshemmende Wirkung durch REACH-Verordnung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Hohe Wachstumsraten für Zucker über Biotechnologienachfrage</li> <li>+ Novelle der VVO erster Schritt zur Marköffnung für Verpackungen von zertifizierten biologisch abbaubaren Kunststoffen</li> <li>+ Steigender Erdölpreis verbessert Preisrelation für Biokunststoffe</li> <li>+ Steigender Papierbedarf</li> <li>+ Marktöffnung und Zugang zu Weltmarktpreisen</li> <li>- Potenzielle Verteuerung von Nawaro durch Novellierung der Chemiezuckerverordnung</li> <li>- Entwicklungskosten für marktreife Kunststoffe auf Basis Nawaro</li> <li>- Wettbewerb durch asiatische Billiganbieter und Produktionsverlagerungen ins Ausland</li> <li>- Innovationshemmende Wirkung durch REACH-Verordnung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Volumenanstieg für Baustoffadditive</li> <li>+ Wachstum bei innovativen Spezialitäten: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hygieneanwendungen (Inkontinenz)</li> <li>- Pharma/Kosmetik</li> <li>- Functional Textiles (Medizin)</li> </ul> </li> <li>+ Substitution von genmodifizierter Baumwolle durch Cellulose</li> <li>+ Energie- und umweltverträgliche Cellulose-Aufschlussverfahren</li> <li>- Verlagerung der textilen Wertschöpfungskette nach Asien</li> <li>- Verstärkter Importdruck durch WTO-Textilabkommen</li> <li>- Strukturelle Veränderung in der Bevölkerungspyramide</li> <li>- Innovationshemmende Wirkung durch REACH-Verordnung</li> </ul> |

\* Pflanzlicher Anteil

Abbildung: Übersicht über den Markt für pflanzliche Chemierohstoffe



## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Nawaro finden seit jeher eine **breite Verwendung als Einsatzstoffe in der chemischen Industrie** und werden in allen Sparten der organischen Chemie eingesetzt. Die Nutzung fossiler Rohstoffe wie Kohle, Erdöl oder Erdgas ermöglichte eine rasche Weiterentwicklung der organischen Chemie und sorgte für die Erschließung neuer Einsatzgebiete. Heute ist die erdölbasierte Chemie in zahlreichen Anwendungsgebieten etabliert. Die synthetischen Rohstoffe erweisen sich in vielen Fällen als preiswerter, haltbarer, praktischer oder vielseitiger einsetzbar als Produkte mit pflanzlichem Ursprung.

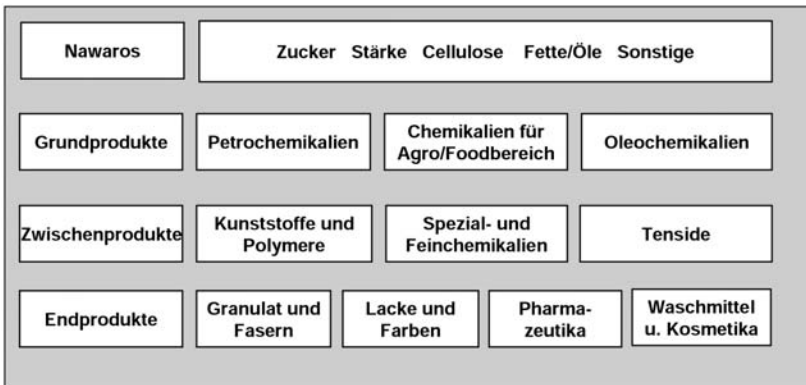


Abbildung: Vielseitige Verwendung von Nawaro entlang der chemischen Wertschöpfungskette

Die **bedeutendsten Einsatzstoffe** auf Basis von Nawaro sind:

- Fette und Öle,
- Cellulose,
- Stärke,
- Zucker.

Mengenmäßig untergeordnet, jedoch teilweise mit **hohem Wertschöpfungspotenzial** verbunden, sind Einsatzstoffe wie:

- Proteine,
- Pflanzenfasern,
- Pflanzeninhaltsstoffe (Farben, Pigmente, Wirkstoffe).

Auf Basis nachwachsender Rohstoffe existieren heute **ausdifferenzierte Produktstambäume**. Nawaro finden über mehrere Produktionsschritte Eingang in eine breite Palette von Anwendungen, wie die nachstehende Tabelle verdeutlicht.

Zur **Extraktion der chemischen Inhaltsstoffe aus Nawaro** werden thermo-katalytische und biotechnische Verfahren eingesetzt. Die **thermo-katalytischen Verfahren** laufen häufig unter hohen Temperaturen und Drücken ab. Es werden Säuren, Laugen, Metalle oder eine Kombination dieser Stoffe als Katalysatoren eingesetzt, um aus den Nawaro die gewünschten Inhaltsstoffe zu gewinnen. Die Entwicklung und Optimierung chemischer Katalysatoren ist in der Regel zeit- und kostenintensiv. Neuere Verfahren wie etwa die Vergasung oder die Pyrolyse sind erst teilweise erforscht und befinden sich noch nicht im kommerziellen Einsatz. Bei der Verwendung von thermo-katalytischen Verfahren sind sowohl Energieverbrauch als auch Emissionen (gasförmig/flüssig) beträchtlich. Ausgangs-, Zwischen-, und Nebenprodukte des katalytischen Verfahrens können gesundheitsschädlich oder zumindest umweltrelevant sein.

Die **biotechnischen Verfahren** erfolgen meist unter milden physikalischen Bedingungen. Sowohl die Biokatalysatoren und Substrate als auch Zwischen- und Nebenprodukte sowie das Produkt selbst sind biologisch abbaubar. Als Lösemittel wird zumeist Wasser verwendet. Als Biokatalysatoren werden entweder Enzyme oder Mikroorganismen eingesetzt. Ein Beispiel hierfür ist die Fermentation zur Gewinnung von organischen Säuren und Ethanol. Ausgewählte Pflanzen sind in der Lage, über biotechnische Prozesse oder Verfahrenszwischenschritte unmittelbar Wertstoffe zu generieren (z. B. Papierzellstoff). Die verwendeten Substanzen bei biotechnischen Prozessen sind voll biologisch abbaubar. Der Energieverbrauch und die Emission von umwelt- und gesundheitsschädlichen Substanzen fallen **gering** aus. Nachteilig sind oftmals die niedrige Produktkonzentration und die geringe Produktivität in Verbindung mit hohen Aufarbeitungskosten.

Durch Fortschritte in der biotechnologischen Forschung ergeben sich zunehmend Chancen, die bestehenden thermo-katalytischen Verfahren zu ersetzen. Unter der Annahme von insgesamt positiven wirtschaftli-

| Nawaro                   | Wichtige Pflanzen  | Extraktion der chemischen Inhaltsstoffe                              | Gewonnene chemische Rohstoffe   | Ausgewählte Anwendungsbeispiele  |
|--------------------------|--|--|---|--|
| <b>Stärke und Zucker</b> | Kartoffel, Weizen, Mais, Zuckerrübe, Topinambur                    | Biotechnische Verfahren (Fermentation), Thermokatalytische Verfahren | Milchsäure, Citronensäure, Fruchtsäuren, Itaconsäuren, Aminosäuren, Vitamine, Ethanol, Stärke, Saccharose   | Kleber, Lacke, Farben, Kunststoffe, Waschmittel, Kosmetika, Pharmazeutika  |
| <b>Fette und Öle</b>     | Raps, Sonnenblume, Öllein, Mohn, Leindotter, Krambe, Soja, Ölpalme | Thermokatalytische Verfahren   | Capronsäure, Caprylsäure, Caprinsäure, Laurinsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure, Ölsäure, Erucasäure, Linolsäure, Linolensäure, Eicosensäure, Glycerin | Waschmittel, Emulgatoren, Kosmetika, Pharmazeutika, Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten, Lacke, Farben, Harze |
| <b>Cellulose</b>         | Holz, Hanf   | Thermokatalytische Verfahren   | Regenerat Cellulose, Celluloseether, Celluloseester, Lignin, Terpentin  | Kunststoffe, Textilien, Klebstoffe, Lacke, Farben, Baustoffe, Kosmetika  |
| <b>Proteine</b>          | Erbse, Lupine, Ackerbohne  | Thermokatalytische Verfahren   | Aminosäuren, Proteine   | Leim, Kleber, Lacke, Farben, Kosmetika   |
| <b>Farbstoff</b>         | Färberwau, Krapp, Färberknöterich, Färberwaid, Saflor              |  | Alizarin, Antrachinon, Purpurin, Indican, Isatan-B, Cathamin  | Kosmetika, Farben (Textil, Leder, Holz, Bauten)  |

Quelle: DOE – Office of Biomass Program/FNR Industriepflanzen

Abbildung: Einsatzmöglichkeiten für Nawaro in der chemischen Industrie

chen Rahmenbedingungen gehen optimistische Prognosen von über 20 % Wachstum bei Produkten der weißen Biotechnologie aus.

### 3 Analyse des Marktes

#### 3.1 Gesamtmarkt

Mit **136,4 Mrd. €** hatte Deutschland im Jahr 2003 einen Anteil von **8,3 % am weltweiten Chemieumsatz** und innerhalb **Europas von 25 %**. Der Gesamtumsatz der Branche ist in den zurückliegenden Jahren kontinuierlich gestiegen. In Deutschland gibt es **1.700 Chemieunternehmen**, davon 90 % kleinere und mittlere Unternehmen, die insgesamt rund 460.000 Mitarbeiter beschäftigen. Innerhalb Europas ist die Arbeitsteilung weit fortgeschritten. So beziehen die deutschen mittelständischen Chemieunternehmen zur Endverarbeitung Grundprodukte von internationalen Grossunternehmen. Rund zwei Drittel des Umsatzes wird im Ausland erwirtschaftet. Trotz **steigender Produktionsmengen** konnte der **Rohstoffeinsatz kontinuierlich abgesenkt** werden, wobei Einsparungen bei der energetischen Nutzung besonders ins Gewicht fallen.

Die globale Wirtschaft erhöht den **Wettbewerbsdruck** auf deutsche Unternehmen und treibt die Konsolidierung in der Branche voran. Dies führt zu einer **Konzentration der Anbieterzahl** in Verbindung mit einer **zunehmenden Spezialisierung** und Unternehmensübernahmen durch internationale Private Equity Investoren. Neue Chemieunternehmen, vorwiegend aus dem Mittleren Osten und Asien, stoßen mit modernen Produktionsanlagen sowie niedrigen Lohn- und Energiekosten aggressiv in den internationalen Markt vor.

Der Produktionswert der deutschen chemischen Industrie, d. h. der u. a. um Innenumsätze und Dienstleistungen bereinigte Gesamtumsatz, belief sich 2003 auf 105,3 Mrd. €, wobei drei Viertel der Produktion auf die Hauptsegmente Pharmazeutika, Fein- und Spezialchemikalien sowie Polymere entfielen.

**Fein- und Spezialchemikalien** sind von der Wertschöpfung her der wichtigste Teilmarkt für die deutsche chemische Industrie. Dieser Markt wächst weiter und setzt vielfach Nawaro ein, z. B. in Fermentationsprozessen. Wertmäßig von gleich hoher Bedeutung ist der Markt für **Pharmazeutika** (s. hierzu das Kapitel „Pharma und Kosmetik“). Der Markt für **Polymere** ist mengenmäßig wichtig und zeigt nach wie vor

|   | 1995  | 2000  | 2002  | 2003   |
|---|-------|-------|-------|--------|
| Gesamtumsatz<br>(in Mrd. Euro)                    | 112,3 | 135,0 | 132,5 | 136,4* |
| Produktion<br>(gg. Vorjahr in Prozent)            | ...   | +4,1  | +3,8  | +0,3   |
| Beschäftigte<br>(in Tausend)                      | 536   | 470   | 462   | 464*   |
| Exporte<br>(in Mrd. Euro)                         | 51,8  | 76,6  | 81,4  | 87,4** |
| Importe<br>(in Mrd. Euro)                         | 32,3  | 52,7  | 58,0  | 58,8** |
| Sachanlageinvestitionen in<br>D<br>(in Mrd. Euro) | 5,8   | 6,8   | 6,5   | 6,5    |
| FuE-Aufwendungen<br>(in Mrd. Euro)                | 5,3   | 7,1   | 7,4   | 7,5    |

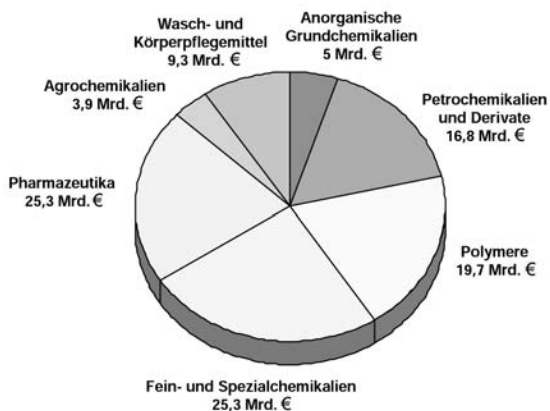
\* ab 2003 neuer Berichtskreis, nicht vergleichbar mit Vorjahr

\*\* VCI-Berechnung auf Basis der endgültigen Jahreszahlen für 2002

Quelle: Daten und Fakten der Chemiewirtschaft 2004, VCI

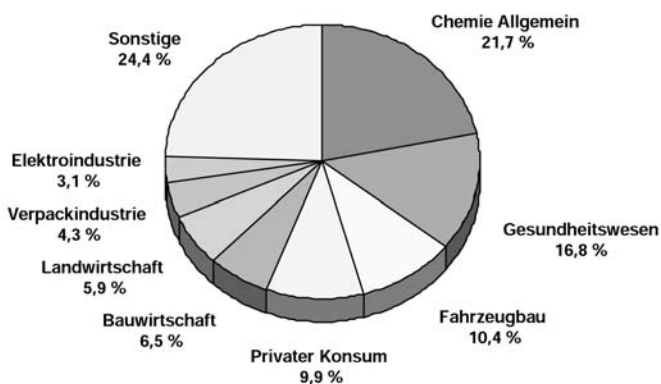
Abbildung: Kennzahlen der Chemieindustrie

kontinuierliche Wachstumsraten. Für die Erschließung von Nawaro in diesem Segment müssen allerdings hohe technische und preisliche Anforderungen erfüllt werden, so dass Nawaro bislang nur bei Nischenprodukten Anwendung finden. **Petrochemikalien und Derivate** sind ebenfalls mengenmäßig sehr bedeutend. Der Markt für diese Commodities zeichnet sich durch eine hohe Wettbewerbsintensität und niedrige Preise aus. Der Markt für **Wasch- und Körperpflegemittel** ist relativ konstant und durch einen hohen Einsatz von Tensiden auf Basis nachwachsender Rohstoffe gekennzeichnet. Er ist damit ein wesentlicher Absatzmarkt für nachwachsende Rohstoffe in der Chemie. **Agrochemikalien** sind wert- und mengenmäßig untergeordnet und spielen für die Anwendung von nachwachsenden Rohstoffen keine große Rolle. **Anorganische Grundchemikalien** sind für die vorliegende Arbeit nicht relevant, da sie per Definition auf anorganische Substanzen (z. B. Stickstoff für Nitratdünger) aufbauen.



Quelle VCI – Chemiewirtschaft in Zahlen 2004

Abbildung: Produktionswert der Chemiesparten in Mrd. € im Jahr 2003



Quelle: ZEW – Innovationsmotor Chemie 2005

Abbildung: Inländische Absatzstruktur der chemischen Industrie

Die deutsche chemische Industrie leistet weltweit einen **überproportional hohen Beitrag zur Innovation** und dient darüber hinaus mit ihren Erfindungen als **Innovationsmotor für andere Branchen**:

- Im Jahr 2004 investierte die deutsche chemische Industrie 4 Mrd. € in Forschung und Entwicklung.
- Mit 5 % vom Umsatz liegt dieser Wert deutlich höher als in der verarbeitenden Industrie (3,8 %).
- Mit 17 % Anteil an den weltweiten F&E Ausgaben leistet die deutsche chemische Industrie gemessen an ihrem Umsatzanteil von 8,4 % einen überproportional hohen Beitrag.
- 21 % aller weltweiten Patentanmeldungen in der Chemie stammen von Erfindern aus Deutschland.
- Rund 20 % aller branchenübergreifenden F&E-Leistungen kommen aus Chemieunternehmen.
- Ein **Nawaro-spezifischer F&E-Anteil** lässt sich leider nicht ermitteln, da Nawaro häufig nur einen Synthesebaustein unter vielen an einer chemischen Reaktion beteiligten Komponenten darstellen.

Die deutsche chemische Industrie setzt **ca. 20 Mio. t organischer Rohstoffe** ein. Rund drei Viertel davon, also etwa 17 Mio. t (15 Mio. t Rohbenzin und andere Erdölfraktionen und 2 Mio. t Erdgas), sind Grundstoffe petrochemischen Ursprungs. Dies entspricht weniger als 5 % des fossilen Rohstoffverbrauchs in Deutschland. Gemäß einer aktuellen Abschätzung, die im ersten Quartal 2005 auf Basis von Expertengesprächen erhoben wurde, beträgt der **Anteil an Nawaro ca. 2,5 Mio. t (ohne ca. 0,2 Mio. t Naturfasern)**. Gemessen am Gesamtrohstoffverbrauch ist der Anteil der Nawaro in der chemischen Industrie seit 1998 von 8,9 % auf 10,4 % leicht gestiegen.<sup>2</sup> Eine detaillierte Aufschlüsselung über die Verwendung von Nawaro in den einzelnen Chemiesparten auf der Grund-, Zwischen- und Endprodukteebene existiert bislang nicht. Der **Importanteil** der Nawaro ist **auffallend hoch**. Dies beruht im Wesentlichen auf zwei Faktoren:

---

2 Diese Angabe bezieht sich auf die 2,0 Mio. t Nawaro in der Chemieindustrie (ohne Papierstärke).

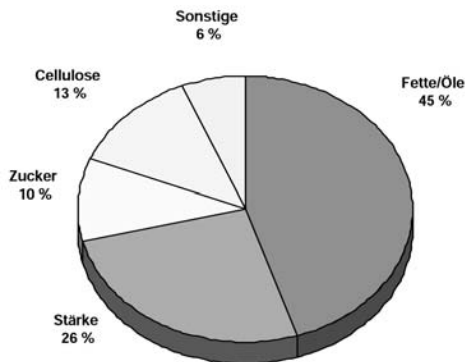
- Im Zuge des starken globalen Wettbewerbs verfolgen viele Chemieunternehmen eine weltweite Einkaufspolitik und substituieren preislich nicht wettbewerbsfähige Inlandsprodukte durch Importe (z. B. Cellulose).
- Ausgewählte Nawaro mit sehr spezifischen Produkteigenschaften (z. B. Palmöl) können nicht unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland angebaut werden.



| Synthetische Grundstoffe   | Produktion in Mio. t. in D p. a. | Marktgröße in Mrd. € in D | Nawaro-Quelle* (theoretisch)  | Derzeitige Marktposition und Wettbewerbsfähigkeit  |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|---|--|
| Ethylen                    | 5,2                              | ~ 3,6                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bioethanol und Synthesegas aus Biomasse</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ethylen ist ›backbone‹ der chemischen Industrie, extrem preissensibel. Bioethanol nicht wettbewerbsfähig</li> </ul> |
| Propylen                   | 3,7                              | ~ 2,5                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Synthesegas aus Biomasse</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie im frühen Forschungsstadium, für kommerziellen Einsatz derzeit nicht verfügbar</li> </ul>               |
| Buten/Butadien             | 2,3                              | ~ 1,0                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Synthesegas aus Biomasse</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie im frühen Forschungsstadium, für kommerziellen Einsatz derzeit nicht verfügbar</li> </ul>               |
| Benzol                     | 2,2                              | ~ 1,5                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Synthesegas aus Biomasse</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie im frühen Forschungsstadium, für kommerziellen Einsatz derzeit nicht verfügbar</li> </ul>               |
| Methanol                   | 2,0                              | ~ 4,2                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Synthesegas aus Biomasse</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie im frühen Forschungsstadium, für kommerziellen Einsatz derzeit nicht verfügbar</li> </ul>               |
| Sonstige                   | ca. 4,6                          |                           |   |  |
| Chemische Industrie Gesamt | ca. 20                           |                           |   |  |

\* Bedingt durch den hohen Sauerstoffgehalt von Biomasse ist eine direkte Beimischung in den Steamcrackerprozess technisch nicht möglich.

Abbildung: Einsatz synthetischer Grundstoffe in der chemischen Industrie (gesamt 2,5 Mio. t)



Quelle: Greentech 2005, Expertengespräche

Abbildung: Einsatz von *Nawaro* in der deutschen chemischen Industrie<sup>a</sup>

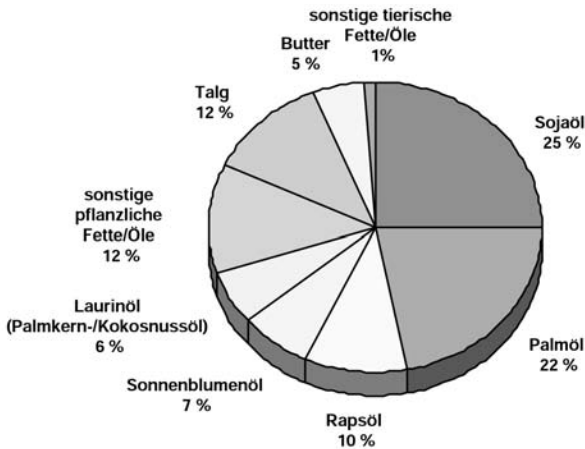
- a. Für den stofflichen Einsatz von *Nawaro* in der deutschen chemischen Industrie gibt es bislang keine Marktstatistiken. Die Abschätzung wurde nach bestem Wissen und Gewissen auf Basis vorhandener Daten und Experteneinschätzungen erstellt.

### 3.2 Fette und Öle

Der **Weltmarkt** für natürliche Fette und Öle belief sich auf **124,6 Mio. t im Jahr 2003**. Vier Fünftel der Menge sind pflanzlichen Ursprungs.

Der Hauptanteil der Fette und Öle wird für Ernährungszwecke genutzt (81 % Nahrung, 5 % Futtermittel) und nur **14 %** entfallen auf **chemische oder technische Anwendungen**. Davon werden knapp 7 % zu Seifen verarbeitet, die überwiegend aus tierischen Fetten bestehen. In Industrieländern sind Seifen weitgehend durch Tenside ersetzt worden. Die übrigen 7 % werden für chemische oder technische Zwecke in der industriellen Fettchemie (Oleochemie) eingesetzt. Mit Biokraftstoffen ist in jüngster Zeit ein neues Anwendungsgebiet hinzugekommen, das mengenmäßig rasch an Bedeutung gewinnt und die existierende Anwendungen aufgrund der steuerlichen Förderung kannibalisiert (s. hierzu das Kapitel „Treibstoffe“).

In der **Oleochemie** werden aus natürlichen Fetten und Ölen über chemische Umwandlungsprozesse Fettsäuren, Glycerin, Ester und Fettalkohole erzeugt. Dabei sind zwei unterschiedliche Typen von **Fettsäuren** von besonderer Bedeutung:



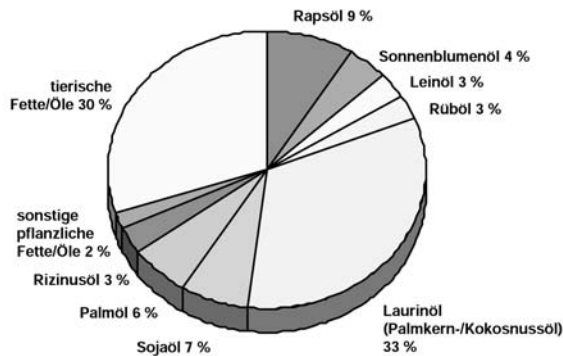
Quelle: Cognis-Greentech 2005

Abbildung: Anteile von tierischen und von pflanzlichen Fetten und Ölen am Weltmarkt 2003 (gesamt 124,6 Mio. t)

- kurz- und mittelkettige C6-14 Fettsäuren auf Basis von Kokosnuss- und Palmkernöl (Laurinöl tropischen Ursprungs),
- langkettige C16-18 Fettsäuren auf Basis von Talkfett, Palmöl, Sojaöl und einheimischen Pflanzenölen.

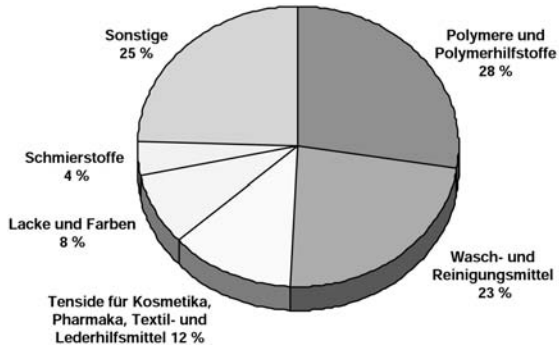
Von den in Deutschland verarbeiteten 1,2 Mio. t natürlichen Fetten und Ölen werden ca. **80 % importiert**. Rund 70 % sind pflanzlichen Ursprungs (0,8 Mio. t). Der Bedarf wächst moderat mit 2 bis 3 % p. a.

Der **Verbrauch** von natürlichen Fetten und Ölen konzentriert sich auf fünf Hauptsegmente, wobei jeweils etwa die Hälfte für Polymere und Polymerhilfsstoffe sowie für Wasch- und Reinigungsmittel verwendet werden. Aufgrund der steuerlichen Förderung von Biodiesel kommt es zunehmend zu Marktverzerrungen. Der Preis für Rapsöl steigt, während der Preis für das Kuppelprodukt Glycerin aufgrund des Überangebots signifikant gefallen ist. Der Markt für Oleochemie wird von internationalen Großunternehmen wie Cognis, Uniqema, Akzo und Procter & Gamble Chemicals dominiert. Neue Anbieter aus dem asiatischen Raum sorgen für Überkapazitäten.



Quelle: Kaup/Fochem

Abbildung: Herkunft von Fetten und Ölen in der chemisch-technischen Industrie in Deutschland (gesamt 1,2 Mio. t)



Quelle: FNR

Abbildung: Anwendungsbereiche für Fette und Öle in Deutschland (gesamt 1,2 Mio. t)

Fette und Öle sind die **wichtigsten** **Nawaro** in der **chemischen Industrie**. Das wertmäßige Marktvolumen für Nawaro in der deutschen Oleochemie liegt bei ca. 430 Mio. €.

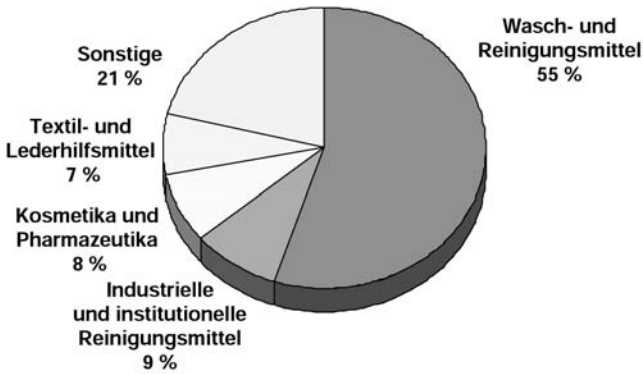
| Nawaro                        | Gesamtnachfrage in D* | Marktpreis D**    | Marktgröße in 2004 in € |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|
| Rapsöl                        | • 105.000 t           | • 520–630 €/t     | • 55–66 Mio. €          |
| Sonnenblumenöl                | • 46.000 t            | • 520–580 €/t     | • 24–27 Mio. €          |
| Leinöl                        | • 36.000 t            | • 1.000–1.350 €/t | • 36–49 Mio. €          |
| Rüböl                         | • 37.000 t            | • 570–690 €/t     | • 21–26 Mio. €          |
| Laurinöl (Palmkern/Kokosnuss) | • 370.000 t           | • 480–520 €/t     | • 178–192 Mio. €        |
| Sojaöl                        | • 82.000 t            | • 400–420 €/t     | • 33–34 Mio. €          |
| Palmöl                        | • 70.000 t            | • 320–340 €/t     | • 22–24 Mio. €          |
| Sonstige                      | • 54.000 t            | • 300–1.100 €/t   | • 16–59 Mio. €          |
| Gesamt                        |                       |                   | • 385–477 Mio. €        |

\* Quelle: Kaup/Fochem; \*\* Schätzung

Abbildung: Das Marktvolumen für Nawaro in der deutschen Oleochemie

Die bedeutendste Produktgruppe in der Oleochemie bilden die **Tenside**, von denen weltweit 10 Mio. t produziert werden. Über die Hälfte findet als **Wasch- und Reinigungsmittel** Verwendung, davon allein in Europa 1,2 Mio. t. Durch den Trend zur Kompaktierung ist das Wachstum für Tenside begrenzt. Je nach Waschmittelart liegt der Tensidanteil heute zwischen 20–30 %. Der Großteil der Tenside wird entweder auf petrochemischem oder oleochemischem Weg hergestellt, wobei der Anteil der oleochemischen Tenside auf über 50 % angestiegen ist. Alkylpolyglucoside (APG) sind innovative Spezialtenside, die auf Basis von Glucose (aus Maisstärke) und Fettalkoholen hergestellt werden. Sie bleiben mit einer Produktion von 50 kt in Deutschland vorläufig von untergeordneter Bedeutung.

Annähernd 80 % der Tensidmenge entfallen auf die drei wichtigsten **Tensidgruppen** LAS, FAEO und FAES. Historisch überwiegen auf Grund von Preis- und Verfahrensvorteilen die **petrochemisch** hergestellten Tenside. In letzter Zeit ist ein Trend zu **oleochemisch** hergestellten Tensiden zu verzeichnen, deren Preis durch großtechnische Produktion zwar deutlich gesunken ist, aber bei vergleichbaren Rohstoffkosten wegen der aufwendigeren Syntheseverfahren immer noch höher liegt. Ein Versuch Mitte der 90er Jahre, petrochemische Tenside in größerem Stil durch oleochemische Tenside auf Basis von Plantaren zu substituieren, hat nicht zu der erhofften Verbraucherakzeptanz und den geplanten Wettbewerbsvorteilen geführt.



Quelle: G. Wagner – Reinigungsmittel 2005

Abbildung: Verwendungsmöglichkeiten von Tensiden (gesamt 10 Mio. t weltweit)

| Tensid                      | Abkürzung | Verfahren                      | Verbrauch Europa (kt) |
|-----------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------|
| Linear Alkylbenzolsulfonate | LAS       | Petrochemisch                  | 410                   |
| Fettalkohol-ethoxylate      | FAEO      | Petrochemisch/<br>Oleochemisch | 320                   |
| Fettalkohol-ethersulfate    | FAES      | Petrochemisch/<br>Oleochemisch | 210                   |
| Fettalkohol-sulfate         | FAS       | Oleochemisch                   | 160                   |
| Nonylphenol-Ethoxylate      | APE       | Petrochemisch                  | 90                    |
| Gesamt                      |           |                                | 1190                  |

Quelle: Cognis – CTVO-Net Conference 2000

Abbildung: Tensidgruppen und Verbrauch in Europa

### 3.3 Stärke und Zucker

Kohlenhydrate aus Stärke und Zucker bilden eine weit verbreitete Basis für Produkte der chemischen Industrie. Aus Mais, Weizen, Kartoffeln und Zuckerrüben werden Stärke, Glucose, Zucker und Melasse gewonnen. Über chemische Prozesse, enzymatische Biokonversion oder Fermentation werden diese Ausgangsstoffe zu einer **breiten Palette chemischer Zwischenprodukte** verarbeitet. Hauptanwendungsgebiet bilden die Lebensmittel- und Getränkeindustrie, sowie die Tierernährung. Daneben werden Kohlenhydrate bei der Herstellung von Produkten wie Papier, Kunststoffen<sup>3</sup>, Kosmetika, Pharmazeutika, Waschmittel, Petroleum, Zement, Oberflächenlacken und Elektronikzeugnissen eingesetzt.

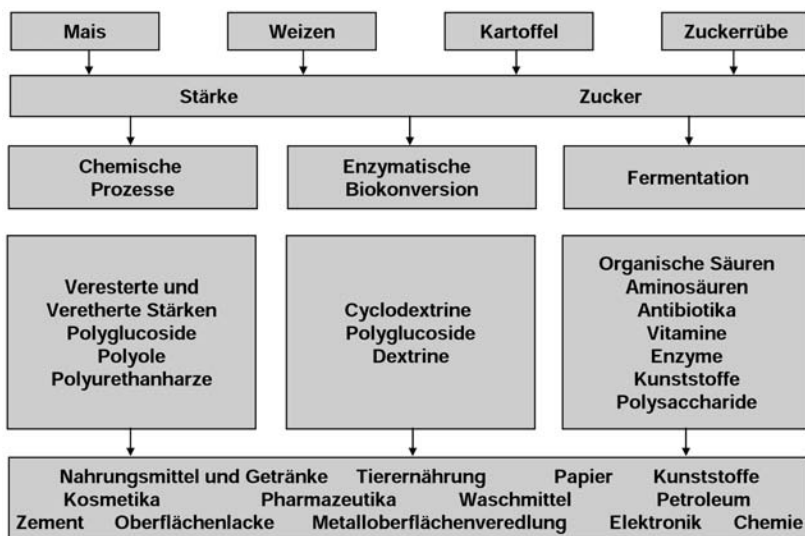
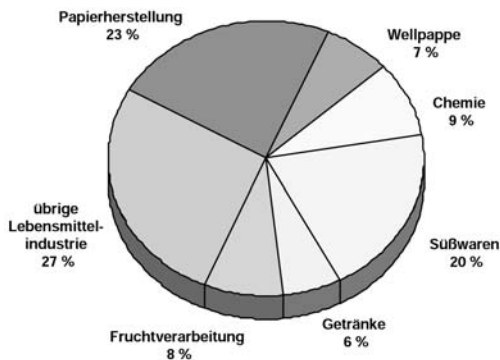


Abbildung: Anwendung von Kohlehydraten

3 Kurzlebige Kunststoffe auf Basis von Nawaro zur Herstellung von Verpackungsmaterialien werden im Kapitel Verpackungsprodukte behandelt.



Der Verbrauch von **Stärkeprodukten** in Deutschland beträgt 1,6 Mio. t. Davon werden 640.000 t von der chemisch-technischen Industrie verarbeitet, wobei **Bindemittel für die Papierindustrie** die wichtigste Anwendung darstellen. Für die Fertigung von Papier werden 378.000 t und für die Fertigung von Wellpappe 115.000 t Stärke eingesetzt. Die **chemische Industrie** verbraucht 147.000 t zur Herstellung von Füllstoffen und Stabilisatoren in Kunststoffen und Hygieneartikeln, als Grundstoff für die Klebstoffindustrie, als Appretur für Textilien und Waschmittel sowie als Fermentationshilfe. Während der Verbrauch bei Papier und Wellpappe mit 2 bis 5 % wächst, ist der Verbrauch für chemische Anwendungen bislang um 5 % p. a. rückläufig. Für den Gesamtmarkt wird somit mit einem **leichten Wachstum** von 2 bis 3 % gerechnet. Die bedeutendsten Pflanzen zur Gewinnung von Stärke in Deutschland sind Kartoffeln (43 %), Weizen (32 %) und Mais (25 %).



Quelle: Fachverband der Stärkeindustrie 2001

Abbildung: Anwendung von Stärkeprodukten (gesamt 1,6 Mio. t)

Der **Verbrauch** von Zucker in der chemisch-technischen Industrie ist in den vergangenen Jahren **stark gewachsen**. Wurden 1997 noch 50.000 t eingesetzt, so waren es 2004 bereits 240.000 t. Im Wesentlichen ist hierfür das rasante Wachstum biotechnologischer Produkte verantwortlich. In der Weißen Biotechnologie stellt Zucker einen wichtigen Einsatzstoff für häufig eingesetzte Fermentationsverfahren dar. Daneben ist die Pharma-

industrie ein wichtiger Abnehmer von Zucker. In der chemischen Industrie gibt es des Weiteren ausgewählte Anwendungen z. B. bei Kunststoffen, Klebern und Bindemitteln. Der Zucker wird zu ca. **95 % aus heimischen Zuckerrüben** und in geringerem Umfang aus ausländischem Zuckerrohr gewonnen.

Für die Verwendung von Zucker in der chemischen Industrie und in der Biotechnologie wird gemäß **EU-Zuckermarktordnung** eine **Produktionserstattung** gewährt, um die im Vergleich zum Weltmarkt hohen EU-Zuckerpreise auszugleichen. Im Jahr 2003 wurden in Deutschland ca. 156.000 t mit einem Betrag von 55 Mio. € gefördert. Wegen des administrativen Aufwands und der oftmals geringen Erstattungsbeträge wird die Produktionserstattung bei weitem nicht für alle Zuckermengen beantragt.

Die **Zuckerkosten** betragen etwa 50 bis 70 % des Marktwertes der Endprodukte. Der aktuelle Nettopreis für Chemiezucker nach Abzug der Produktionserstattung liegt zwischen 170 und 230 €/t. Im Vergleich dazu bewegt sich der Weltmarktpreis für Zucker Nr. 5 in London zwischen 150 und 200 €/t. Eine Novellierung der Zuckermarktordnung<sup>4</sup> unter Wegfall der Produktionserstattung für Chemiezucker, ohne einen gleichzeitigen uneingeschränkten Zugang zum Weltmarkt, könnte das Wachstum des Zuckerabsatzes in der deutschen Chemieindustrie ernsthaft gefährden.

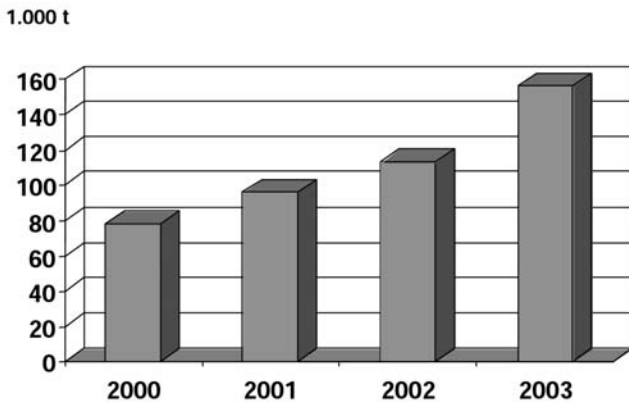
Die **Weißer Biotechnologie**, in deren Fokus die Herstellung von Produkten mit biotechnischen Verfahren steht, hat das Potenzial, einen essentiellen Beitrag zur Erschließung neuer Anwendungen auf Basis von Nahrung zu leisten. Zu den Produkten gehören Basischemikalien, Zwischenprodukte, Polymere und Feinchemikalien. Die biotechnische Industrie in Europa verarbeitet im Food und Non-Food Bereich große Mengen an Kohlenhydraten:

- 0,6 Mio. t Zucker und Isoglucose,
- 1,2 Mio. t Molasse,
- 1,1 Mio. t Glucose,
- 0,9 Mio. t Stärke.

Die **Wettbewerbsfähigkeit** der biotechnischen Industrie in Europa ist ganz entscheidend vom Zugang zu Zucker und anderen Kohlenhydraten abhängig, da der Kostenanteil dieser Nahrung wie erwähnt 50 bis 70 % des

---

4 Die Novelle der Zuckermarktordnung wurde in 2006 realisiert.



Quelle: Zollstatistik Bundesministerium der Finanzen

Abbildung: Menge an Weißzucker/Isoglukose mit Produktionserstattung

Marktwertes der Endprodukte ausmacht. Optimistische Szenarien prognostizieren für die biotechnische Industrie in den kommenden zehn Jahren **Wachstumsraten von bis zu 20 %**. Die zukünftige Entwicklung der Weißen Biotechnologie wird ganz wesentlich von der Weiterentwicklung und Integration neuer Technologien und deren Verfügbarkeit geprägt werden. Damit die Weiße Biotechnologie ihr volles Potenzial in den kommenden Jahren entfalten kann, sind ein Abbau von rechtlich-administrativen Hürden sowie eine großzügige F&E-Förderung erforderlich.<sup>5</sup>

---

5 Quelle: DECHEMA Positionspapier, Festel e. a. 2004, CEFIC Sector Group Carbohydrates.

### 3.4 Cellulose

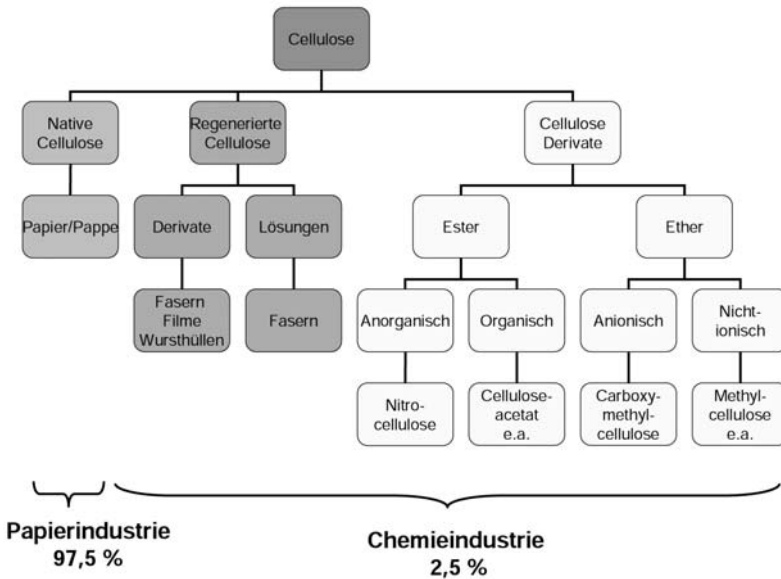
Der Weltmarkt für Cellulose hatte ein Volumen von rund 140 Mio. t im Jahr 2004. Für chemisch-technische Anwendungen wird **Chemiecellulose** eingesetzt, die sich durch ihren hohen Reinheitsgrad von 95 bis 98 % auszeichnet. Der Rohstoff für Chemiecellulose stammt aus Nadel- und Laubhölzern aus Nord- und Südamerika, Südafrika sowie Skandinavien und einigen anderen europäischen Ländern. Eine weitere wichtige Rohstoffquelle ist Baumwolle. Der Celluloseaufschluss wird vor Ort im Erzeugerland ausgeführt.

In **Deutschland** gibt es zurzeit **keine Produktion für Chemiecellulose**,<sup>6</sup> so dass der Bedarf von ca. 320.000 t über Importe zu Weltmarktpreisen von ca. 700 bis 1.000 €/t gedeckt wird. Bedeutendster Markt für Chemiecellulose bilden Regenerate zur Herstellung von Fasern, Filamenten, Stapelfasern und Filmen. Im Jahr 2003 wurden in Deutschland 190.000 t Cellulosefasern hergestellt (s. hierzu Kapitel „Textilien“).

Durch Veresterung und Veretherung werden Cellulose-Derivate hergestellt. Der Cellulosebedarf für dieses Marktsegment in Deutschland wird auf ca. 130.000 t geschätzt. Der **Gesamtmarkt** für Chemiecellulose in Deutschland **wächst mit ca. 2 bis 3 %**. Im Segment Chemiefasern zeichnet sich eine Stagnation ab. Bedeutende Hersteller von Cellulose-Derivaten in Deutschland sind Wolff Cellulosics, Dow, Rhodia Acetow, Shin-Etsu (Clariant). Den größten Anwendungsbereich für Cellulose-Derivate bilden Bauhilfsstoffe, bei denen Celluloseether zur gezielten Einstellung von Verarbeitungseigenschaften für Putz, Mörtel und Fliesenkleber genutzt werden. Geringere Mengen werden in der Pharma- und Kosmetikindustrie als Verdicker verarbeitet. Bei Lacken und Farben wird das schnelle Trocknungsverhalten von Nitrocellulose für Holzlacke und Druckfarben genutzt.

---

6 In Deutschland wurde ein neues Cellulosewerk in Stendahl errichtet, das primär Bedarf in der Papierindustrie decken soll.



Quelle: Wolff Cellulosics

Abbildung: Anwendung von Cellulose

### 3.5 Biopolymere

Bei Kunststoffen auf Basis von Nawaro wird zwischen Struktur- und Funktionspolymeren unterschieden. An dieser Stelle erfolgt nur ein kurzer Überblick, da Details für Teilbereiche in den entsprechenden Kapiteln gesondert behandelt werden:

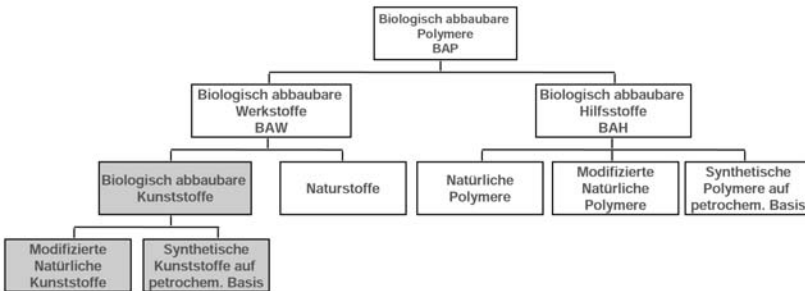
- Konstruktionswerkstoffe und naturfaserverstärkte Werkstoffe (NFK), s. Kapitel „Faserverbundwerkstoffe und Formteile“,
- Biologisch abbaubare Strukturpolymere und Werkstoffe (BAW), s. Kapitel „Verpackungskunststoffe“,
- Funktionspolymere, s. Kapitel „Fette und Öle“, „Stärke“ und „Cellulose“.

| Kurzlebige Strukturpolymere  | Langlebige Strukturpolymere und Konstruktionswerkstoffe   | Funktionspolymere   |
|--|---|---|
| <b><u>Beispiel:</u> Stärke-BAW</b>   | <b><u>Beispiel:</u> Polymilchsäure-Shirts, NFK Gehäuse</b>  | <b><u>Beispiel:</u> Dextrin-Klebstoffe, Celluloseether und -ester</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>biologisch abbaubar</li> </ul>                                |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>biologisch abbaubar, wo erforderlich</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>kompostierbar, kurzlebig</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>nicht kompostierbar, langlebig</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>meist langlebig, kurzlebig in Form von Hilfsstoffen</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatz: z. B. Landwirtschaft, Medizin, Verpackung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatz: z. B. Automobilbau, Bauwesen, Schiffbau, Gehäuse</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Einsatz: z. B. Verdickungsmittel, Bindemittel, Lacke und Farben, Bau-, Textil-, Papierhilfsstoffe, Additive, Klebstoffe</li> </ul> |

Abbildung: Überblick über Biopolymere

In den letzten Jahren haben **polymere Werk- und Hilfsstoffe aus Nawaro** eine zunehmende Bedeutung auf ausgewählten Gebieten erhalten. Zusätzlich zu der Schonung petrochemischer Ressourcen und der Verminderung des Abfallaufkommens werden immer häufiger eigenschaftsbezogene Vorteile genutzt. Biologisch abbaubare Werkstoffe werden im Wesentlichen durch Festkörpereigenschaften charakterisiert und gehören zu den **Strukturpolymeren**. Biologisch abbaubare Hilfsstoffe haben meist flüssige bis pastöse Konsistenz und gehören zu den **Funktionspolymeren**. Selbst in Fachpublikationen tritt häufig eine Vermischung der Begrifflichkeiten auf. Grundlegend ist festzuhalten:

- BAW können sowohl aus Nawaro als auch aus petrochemischen Rohstoffen hergestellt werden.
- Kunststoffe aus Nawaro können sowohl biologisch abbaubar oder nicht abbaubar sein.
- BAW gelten als kompostierbar, wenn die Zersetzung in der praxisüblichen Rottezeit von 6 bis 12 Wochen gewährleistet ist.



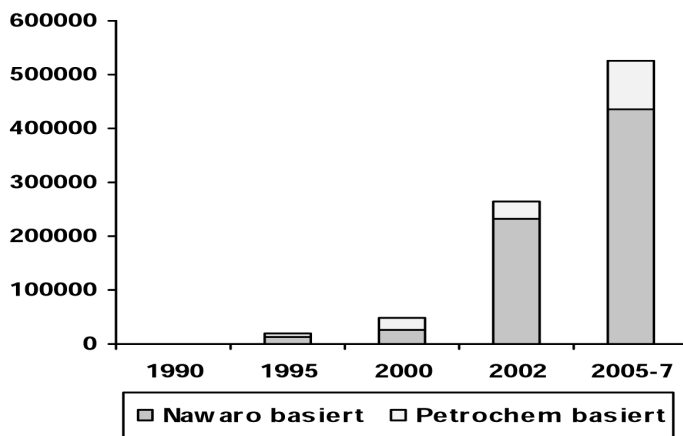
Quelle: Tänzer *Biologisch Abbaubare Polymere*

Abbildung: Anwendung biologisch abbaubare Polymere

Der Absatz biologisch abbaubarer Polymere erfordert hohe Vorleistungen in der Marktentwicklung. Dies ist ein wesentlicher Grund dafür, dass die vorhandenen Produktionskapazitäten bislang nicht ausgelastet sind.

Der geschätzte BAW-Verbrauch in Europa ist zwischen 2002 und 2003 von 20.000 auf 35.000 bis 40.000 t angestiegen. Die bedeutendsten Produkte bilden BAW-Folien mit 20.000 bis 25.000 t gefolgt von Loose Fill auf

Stärkebasis mit 10.000 bis 15.000 t. Für die Herstellung der meisten Produkte wird ein **nennenswerter Nawaro-Anteil** zwischen 40 und 95 % eingesetzt. Genaue Verbrauchsangaben auf nationaler Ebene liegen bislang noch nicht vor. Mehrere namhafte Hersteller bieten in ausgewählten Nischen marktreife Produkte an.



Quelle: IBAW – Market Development in Europe

Abbildung: Entwicklung der weltweiten Produktionskapazitäten für Polymere (in t)

Der Kunststoffverbrauch in Westeuropa belief sich 2003 auf ca. 40 Mio. t. Der **Marktanteil von BAW am gesamten europäischen Kunststoffmarkt** liegt bislang erst bei ca. 0,1 %.

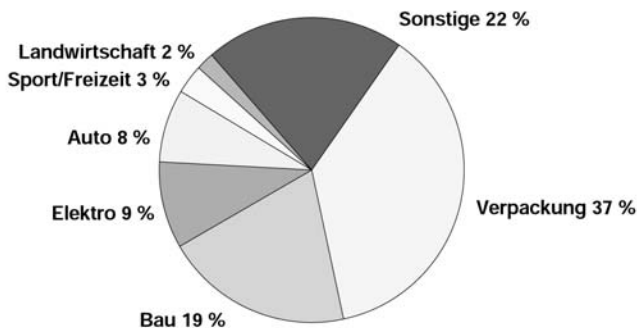
In einigen Anwendungsbereichen wie Verpackung, Landwirtschaft, Medizin und Spielzeug haben sich BAW bereits erfolgreich als Nischenprodukte etabliert (s. Marktanalyse Kapitel „Verpackungsmaterialien“). Eine Reihe neuer Anwendungen befindet sich derzeit in der Entwicklung, z. B. beim Toyota Automobilbau und bei der Produktion von Motorola Mobiltelefonen. Die Diskriminierung von zertifizierten biologisch abbaubaren Kunststoffen mit fossilem Rohstoffanteil in der Bioabfall- und Düngemittelverordnung behindert jedoch die weitere Marktentwicklung von BAW.



| Erdölbasis                     | Hersteller (Handelsname)   |
|--------------------------------|--|
| Polyester<br>(bestimmte Typen) | BASF (Ecoflex)   |
| Pflanzliche Basis              | Hersteller (Handelsname)   |
| Stärke                         | Novamont (MaterBi)<br>Rodenburg Biopolymers<br>(Solanyl)<br>Plantic Technologies (Plantic) |
| Polyhydroxyalkanoate (PHA)     | Procter & Gamble (Nodax)   |
| Polymilchsäure (PLA)           | NatureWorks (NatureWorks)<br>Mitsui (Lacea)<br>Hycail                                      |
| Cellulose (-acetate)           | Eastman (Tenite)<br>IFA (Fasal)<br>Innovia Films (Natureflex)                              |
| Mischungen                     | Hersteller (Handelsname)   |
| Stärkeblends                   | Novamont (MaterBi)   |

Quelle: IBAW

Abbildung: Auswahl markteingeführter BAW-Typen



Quelle: Plastics Europe, IBAW

Abbildung: Kunststoffverbrauch in Westeuropa 2003 (gesamt ca. 40 Mio. t)

| Segment                            | Beispiele  | Argumentation  |
|------------------------------------|--|--|
| Gartenbau                          | Pflanztöpfe<br>Steckunterlagen<br>Torfsäcke<br>Samenbänder<br>Bindematerial              | <ul style="list-style-type: none"> <li>· ›Naturkontakt‹, Kompostierung nahe-<br/>liegend</li> <li>· Konventionelles Recycling durch ›Bio-<br/>verschmutzung‹ schwierig, meist kurzer<br/>Anwendungszeitraum</li> </ul> |
| Landwirtschaft                     | Abdeckfolien<br>Mulchfolien<br>Bindegarn   | wie Gartenbau  |
| Medizintechnik                     | Operationsmaterial<br>Nähfäden<br>Schrauben<br>Kapseln<br>Implantate                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Unschädliche Resorption und Abbau im<br/>Körper</li> <li>· kurze Lebensdauer</li> </ul>   |
| Verpackung                         | Loose Fill<br>Folien, Blister<br>Hohlkörper<br>Trays<br>Becher<br>Säcke, Tüten           | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Lebensmittelverpackungen häufig ›bio-<br/>logisch‹ verunreinigt, daher konventio-<br/>nelles stoffliches Recycling schwierig</li> <li>· kurzlebige Anwendungen</li> </ul>     |
| Convenience                        | Hygieneprodukte<br>(z. B. Windelfolien,<br>Damenbinden)<br>(Bio-)Abfallsäcke<br>Golf T's | <ul style="list-style-type: none"> <li>· kurzlebige Artikel</li> <li>· ›Naturkontakt‹</li> </ul>   |
| Fast Food /<br>Catering,<br>Imbiss | Geschirr<br>Besteck<br>Strohhalme<br>Trinkbecher   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· der Einsatz von Mehrwegprodukten ist<br/>nicht immer möglich bzw. günstiger</li> </ul>  |
| Spielzeug                          | Bastelmaterialien<br>Baukästen / -steine   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· nicht toxisch</li> </ul>  |

Quelle: IBAW

Abbildung: Beispiele für BAW-Spezialanwendungen

### 3.6 Bewertung

Die deutsche chemische Industrie ist mit einem **Exportanteil von 64 %** in hohem Maße auf die Nachfrage ausländischer Abnehmer angewiesen. Seit 1991 haben sich die Chemieexporte deutscher Hersteller nahezu verdoppelt, da wichtige Abnehmerbranchen, etwa Textil- und Lederindustrie, ins Ausland abgewandert sind oder im Begriff sind, Teile ihrer Produktion zu verlagern, so z. B. die Kunststoffverarbeiter. Nawaro müssen die Anforderungen der Abnehmer nach Preisfähigkeit, Verfügbarkeit, Qualität und Verarbeitbarkeit erfüllen. Bei zu starken Einschränkungen dieser Anforderungen wird in vielen Fällen auf fossile Rohstoffe zurückgegriffen.

Die chemische Industrie produziert eine **breite Palette an Produkten** für die verschiedenen Lebensbereiche. Im Jahr 2002 wurden neben Vorprodukten für die Chemie 70 % an industrielle Weiterverarbeiter geliefert. Wichtige Abnehmer sind neben der Automobil-, Bau- und Verpackungsindustrie die Bereiche Gesundheit, Umwelt und Ernährung.

Auf der **Lieferantenseite** stehen mittelständisch, genossenschaftlich und multinational strukturierte Unternehmen (ADM, Cargill, etc.) im Wettbewerb miteinander. Die Lieferanten von Nawaro-basierten Produkten unterliegen einerseits auf der Rohstoffseite den Bedingungen der EU-Agrarpolitik, andererseits unterliegen ihre Fertigprodukte dem freien internationalen Wettbewerb. Der sukzessive Abbau von bestehenden Subventionen und Importbeschränkungen auf der Rohstoffseite kann in Zukunft zu einer **verstärkten Wettbewerbssituation** zwischen pflanzlichen Rohstoffen aus nationaler Produktion und Importen führen. Bestimmte Nutzpflanzen wie z. B. Palmen (Laurinöl) eignen sich klimatisch nicht für einen Anbau in Deutschland und werden deshalb ausschließlich importiert. Die Lieferanten versorgen neben der chemischen Industrie den Ernährungs- und Energiesektor. Hier kann es bei zunehmender Nutzung von Nawaro zu einer Konkurrenz um begrenzte Anbauflächen kommen.

Ein Großteil der chemischen Produktion, von Grundchemikalien bis hin zu hochveredelten Produkten wie Lacken oder Pflanzenschutzmitteln, wird an so genannten **Verbundstandorten** hergestellt, wo Produktionsbetriebe, Energie- und Abfallströme, Logistik und Infrastruktur miteinander vernetzt und optimiert sind. Chemische Prozesse können in diesem System mit optimiertem Energieeinsatz und hoher Ausbeute an Produkten ressourcenschonend ablaufen. Aus diesem Grund sind Ver-

bundstandorte sowohl aus wirtschaftlicher als auch ökologischer Sicht dezentralisierten Systemen in vielen Fällen überlegen. Das Betreiben von Verbundstandorten erfordert eine nachhaltige mengenmäßige Verfügbarkeit von preiswerten Rohstoffen mit hoher Qualitätskonstanz.

Die über Jahrzehnte gewachsenen kapitalintensiven Verbundstrukturen mit genau abgestimmten Mengenströmen von Haupt- und Nebenprodukten **erschweren die Einführung neuer Rohstoffe**. Nawaro kommen nur zum Einsatz, wenn sie mit den etablierten erdölbasierten Syntheseverfahren kompatibel und preislich wettbewerbsfähig sind. Kurz- bis mittelfristige Anwendungen für Nawaro lassen sich daher eher bei höherwertigen Fein- und Spezialchemikalien erschließen. Dies erfordert oftmals intensive Forschungsaktivitäten zur Entwicklung innovativer Syntheseverfahren.

Die in einigen politischen Kreisen geforderte **Umstellung von einer petrochemisch basierten Wirtschaft auf eine „Biowirtschaft“** auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen bleibt vorläufig eine Vision. Ihre langfristige Realisierung erfordert eine grundlegende Veränderung der wirtschaftlichen und technologischen Rahmenbedingungen sowie eine übergreifende Kooperationen von Landwirtschaft, Chemie, Biotechnologie, Wissenschaft und Politik auf nationaler wie internationaler Ebene.

Fossile Rohstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle sind endlich, wobei das Fördermaximum für Erdöl voraussichtlich noch in diesem Jahrhundert erreicht wird. Die Syntheseleistung der Natur hingegen generiert jährlich über Photosynthese  $170 \times 10^9$  t an nachwachsender Biomasse. Davon werden derzeit nur  $6 \times 10^9$  t für die Ernährung sowie für energetische und stoffliche Zwecke genutzt. Um die Nutzung von Biomasse zu erhöhen, müssen gänzlich neue, biobasierte Synthesebausteine entwickelt werden, die sich in bestehende Produktstammbäume integrieren lassen, oder für die neue Produktstammbäume und Anwendungen entwickelt werden können. Neue, komplexe Technologien zur Verwirklichung von Produkten auf Basis z. B. von Lignocellulose, Getreide oder Grünschnitt müssen hierfür realisiert werden. Eine möglicherweise dezentrale Standortstruktur erfordert außerdem den Aufbau vollkommen neuer Logistiksysteme.

Verlässliche **rechtliche Rahmenbedingungen** sind Grundvoraussetzung für nachhaltige Investitionen in eine verstärkte Nutzung von Nawaro in der chemischen Industrie, wobei sie gleichermaßen die politische Zielsetzung als auch deren technisch-wirtschaftliche Realisierbarkeit berück-



Abbildung: Wesentliche Markteintrittsbarrieren für Nawaro in der chemischen Industrie

sichtigen müssen. Es gelten folgende nationale, europäische und internationale Gesetze und Verordnungen:

1. Gentechnik

- Die **EU-Verordnung genveränderter Lebens- und Futtermittel** (2003) regelt die Zulassung und Kennzeichnung von genveränderten Lebens- und Futtermitteln.
- Das **Deutsche Gentechnik Gesetz** (2005) regelt Schutz, Transparenz und Sicherheit im Umgang mit gentechnisch modifizierten Organismen.

Eine stark politisierte Debatte über die Nutzung von gentechnisch modifizierten Organismen in der Öffentlichkeit sowie ein Moratorium in der Gesetzgebung haben die breite Einführung von „**Grüner Gentechnik**“ in Deutschland bislang verhindert. Im Ausland werden gentechnisch modifizierte Organismen für eine Verkürzung der Züchtungszyklen und für nachhaltige Ertragssteigerungen genutzt.

2. Zuckermarkt- und Getreidemarktordnung

- Das **WTO-Agrarabkommen** (Artikel 20) strebt den schrittweisen Abbau von Stützungs- und Schutzmaßnahmen in der Landwirtschaft an.
- Die **Getreidemarktverordnung** regelt entsprechende Maßnahmen u. a. für den Stärkemarkt.
- Die **Zuckermarktordnung** regelt entsprechende Maßnahmen für den Zuckermarkt.

Der Abbau von **Stützungs- und Schutzmaßnahmen** im Agrarsektor soll zu einer Marktöffnung und zu einer Angleichung der Nawaro-Preise auf Weltmarktniveau führen. Nach Einschätzung der CEFIC Sector Group Carbohydrates könnte sich gemäß dem vorliegenden Entwurf zur Novelisierung der Zuckermarktordnung der Einkaufspreis von Chemiezucker von derzeit 170 bis 230 €/t auf mindestens 350 €/t verteuern. Dies würde zu einer ernsthaften Bedrohung für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der „Weißen Biotechnologie“ in Europa führen.

3. Verwendung von Biokunststoffen

- Die **Verpackungsverordnung (VVO)** regelt für Verkaufsverpackungen aus zertifizierten biologisch abbaubaren Kunststoffen die Rücknahme und Verwertungspflichten.

- Die **Bioabfallverordnung** regelt die Kompostierung von biologisch abbaubaren Werkstoffen.
- Die **Düngemittelverordnung** regelt die Ausbringung von Kompost aus der getrennten Bioabfallsammlung.
- **DIN EN 13432** prüft die Kompostierbarkeit, d. h. die vollständige biologische Abbaubarkeit von Biokunststoffen.

Mit der 3. Novelle der **Verpackungsverordnung** und der Sonderregelung für nachweislich kompostierbare Verpackungen im Mai 2005 wurde erstmalig eine erfolgreiche Marktentwicklung von biologisch abbaubaren Kunststoffen ermöglicht. Die Neuregelung gilt unabhängig von der Rohstoffbasis. Die **Bioabfall- und Düngemittel-Verordnung** gestatten die Sammlung von biologisch abbaubaren Kunststoffen über die Biotonne, deren Mitkompostierung und anschließende Ausbringung des Kompostes, sofern die biologisch abbaubaren Kunststoffe ausschließlich aus Nawaro bestehen. Diese Einschränkung erweist sich als kontraproduktiv.

#### 4. Verwendung von Detergentien

- Die **EU-Detergentienverordnung** (04/2004) regelt die vollkommene Abbaubarkeit von Tensiden.

Die vorgeschriebenen Richtwerte werden bei Haushaltswaschmitteln sowohl von Produkten auf fossiler als auch nachwachsender Basis erfüllt. Bei industriellen Waschmitteln bestehen in einzelnen begründeten Sonderfällen weiterhin Ausnahmeregelungen.

#### 5. Registrierung und Zulassung von Chemikalien

- **REACH** (Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals) regelt die Registrierung, Bewertung und Zulassung chemischer Stoffe in Europa.

**REACH** führt zu zeit- und kostenintensiven Chemikalienzulassungen, wodurch für kleine und mittlere Unternehmen sowie für innovative Spezialprodukte mit einer gravierenden Zusatzbelastung zu rechnen ist. So erfordert z. B. die Umstellung von Sojaepoxid auf Rapeseoxid die Neuzertifizierung des gesamten nachgelagerten Produktstammbaums.

#### 6. Klimaschutz

- Das **Kyoto Protokoll** (2005) forciert den Klimaschutz und setzt Zielwerte für die Emissionen von CO<sub>2</sub> und fünf weiteren Treibhausgasen in den einzelnen Vertragsstaaten.

- Das **EEG (Erneuerbare Energien Gesetz, 2004)** gewährt eine Vergütung auf Strom und Wärme aus Biomasse.
- Das **Mineralölsteuergesetz (2003)** befreit in § 2a alle Biokraftstoffe bis zum 31.12.2009 von der Mineralölsteuer.

**EEG** und **Mineralölsteuergesetz** führen zu einer marktverzerrenden Verteuerung von Ölsaaten als Rohstoffen für die Oleochemie. Bei Glycerin als Kuppelprodukt der Biodieselproduktion entsteht ein erhebliches Überangebot.

Die nachstehende Zusammenfassung gibt eine Übersicht über die Stärken und Schwächen sowie die Chancen und Risiken beim Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in der chemischen Industrie.



|   |  |
|---|--|
| <p style="text-align: center;"><b>Stärken</b></p>   | <p style="text-align: center;"><b>Schwächen</b></p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vor Ort Produktion und Verfügbarkeit</li> <li>• Beitrag zum Klimaschutz</li> <li>• Nachwachsender, natürlicher Produktsprung mit positivem Image</li> <li>• Flexibel einsetzbar für eine breite Produktpalette</li> <li>• Für ausgewählte Nutzpflanzen ist die pflanzliche der chemischen Synthese überlegen (z. B. Laurinöl)</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• In vielen Fällen preislich nicht wettbewerbsfähig. Relativ hohe Preisschwankungen</li> <li>• Mengennässig begrenzte Verfügbarkeit</li> <li>• Breite Qualitätsschwankungen. Petrochemische Produkte oftmals besser einstellbar</li> <li>• Fehlende Technologien/Prozesse zur Nawaro-Verarbeitung</li> <li>• Mangelnde Erfahrungen mit Nutzungsvorteilen von Nawaro bei Endanwendern</li> </ul> |
| <p style="text-align: center;"><b>Chancen</b></p>   | <p style="text-align: center;"><b>Risiken</b></p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verknappung und Preisanstieg bei fossilen Rohstoffen</li> <li>• Belegung der Nachfrage nach natürlichen Produkten auf Endverbraucherebene (z. B. kompostierbare Verpackungen für Bioobst/-gemüse)</li> <li>• Erschließung zusätzlicher Märkte durch Weiterentwicklung von Herstellverfahren und Anwendungen (z.B. Innovation im Bereich Biotechnologie)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschränkung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit durch einseitige Überregulierung</li> <li>• Freier Zugang zu Nawaro zu Weltmarktpreisen</li> <li>• Intensive land- und forstwirtschaftliche Nutzung mit negativen Auswirkungen für die Biosphäre</li> <li>• Flächenkonkurrenz beim Anbau von Nawaro für die chemische Industrie, den Nahrungs- und Energiesektor</li> </ul>           |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Nawaro in der deutschen chemischen Industrie

#### 4 Relevante internationale Erfahrungen

Im internationalen Vergleich ist die **deutsche chemische Industrie führend im Einsatz von Nawaro**. **Europaweit** besteht allerdings ein weiteres Ausbaupotenzial. Im Auftrag der Europäischen Kommission wurde von der Generaldirektion Unternehmen eine Arbeitsgruppe „European Renewable Resources & Materials Association (ERRMA) ins Leben gerufen. Diese kommt auf Basis einer Erhebung aus dem Jahr 2002 in den einzelnen Mitgliedsländern zu dem Schluss, dass bis zum Jahr 2010 weiterhin ein deutliches Ausbaupotenzial für Nawaro besteht.

|                      | Gesamt ( kt )<br>1998 | Nawaro * ( kt / % )<br>1998 | Nawaro ( kt / % )<br>2010 Potential |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| <b>Polymere</b>      | 33.000                | 25 / 0,075                  | 500 / 1,5                           |
| <b>Schmierstoffe</b> | 4.240                 | 100 / 2,4                   | 500 / 5,0                           |
| <b>Lösemittel</b>    | 4.000                 | 60 / 1,5                    | 235 / 12,5                          |
| <b>Tenside</b>       | 2.260                 | 1.180 / 52,0                | 1.450 / 52,0                        |

\* Direkter CO<sub>2</sub>-Effekt ca. 8 Mio. t – indirekter CO<sub>2</sub>-Effekt ca. 30 Mio. t  
Quelle: ERRMA Status Report, Brüssel 2002

*Abbildung: Entwicklung wichtiger Einsatzfelder für Nawaro in der chemischen Industrie in Europa gemäß Hochschätzung und Annahmen des ERRMA-Reports*

Selbst wenn Nawaro bei prozentualer Betrachtung nur einen sehr kleinen Anteil der Polymere ausmachen wird hier mengenmäßig mit 475.000 t das größte Zusatzpotenzial gesehen, gefolgt von den Schmierstoffen mit 400.000 t, den Tensiden mit 270.000 t und den Lösemitteln mit 175.000 t.

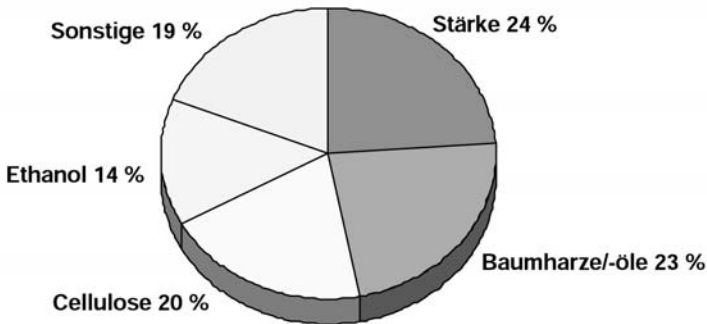
Auch in den **USA** gibt es umfassende Bemühungen zur Förderung des Einsatzes von Nawaro. Eine 26-köpfige Expertengruppe mit namhaften Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik hat mit dem „Bio-mass R&D Act 2000“ eine gemeinsame Vision für die zukünftige Nutzung von Nawaro im Bereich der Bioenergie, Biokraftstoffe und Bioprodukten erarbeitet:

|                       | 2001  | 2010 | 2020 | 2030             |
|-----------------------|-------|------|------|------------------|
| <b>Bioenergie</b>     | 3 %   | 4 %  | 5 %  | 5 %              |
| <b>Biokraftstoffe</b> | 0,5 % | 4 %  | 10 % | 20 %             |
| <b>Bioprodukte</b>    | 5 %   | 12 % | 18 % | 25 %<br>(Chemie) |

Abbildung: Vision für Bioenergie und biobasierte Produkte in den USA

In den USA betrug der Anteil von Nawaro bei der stofflichen Nutzung etwa 5 % im Jahr 2001. Dieser Anteil soll bis zum Jahr 2010 zunächst auf 12 % und dann bis zum Jahr 2030 sukzessive auf 25 % ausgebaut werden. Vor dem Hintergrund der bislang hauptsächlich auf die Förderung fossiler Rohstoffe fokussierten Politik erscheinen diese Ziele sehr ambitioniert.

Wie die Aufteilung des Nawaro-Einsatzes zeigt, ist ein unmittelbarer Vergleich zwischen den USA und Europa aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden zurzeit nicht möglich.



Quelle: US Vision for Bioenergy and Biomass Products 2002

Abbildung: US-Verbrauch an Bioprodukten in der chemischen Industrie

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- BMVEL: Nawaro für die Chemie, 7. Symposium 2001, Landwirtschaftsverlag  
Münster 2001
- BMVEL: Nawaro für die Chemie, 8. Symposium 2003, Landwirtschaftsverlag  
Münster 2003
- Busch, R. e. a.: Wie aus „Bio“ Chemie wird, Nachrichten aus der Chemie, Frankfurt 2005
- CEFIC Sector Group Carbohydrates: The European biochemical industry:  
a key asset for the European Union. CEFIC, Brüssel 2004
- Ehrenberg, Joachim: Current situation and future prospects of EU industry using  
renewable raw materials. ERRMA, Brüssel 2002
- English, Roger e. a.: The vision for bioenergy and biobased products for the United States.  
Biomass Research and Development Technical Advisory Committee, US 2002
- Fachverband der Stärkeindustrie: Zahlen & Fakten zur Stärkeindustrie.  
Ausgabe 2002, Bonn 2002
- Hambrecht, Jürgen: Voraussetzungen für einen nachhaltigen, erweiterten Einsatz von  
nachwachsenden Rohstoffen. VCI Frankfurt 2005
- Johansson, Daniel: Renewable raw materials: A way to reduced greenhouse  
gas emissions for the EU industry? DG Energy, Brüssel 2000
- Kaeb, Harald: Marktanalyse: Industrielle Einsatzmöglichkeiten von High Oleic  
Pflanzenölen. FNR Gülzow 2001
- Kaeb, Harald: Highlights in Bioplastics. IBAW, Berlin 2005
- Kaup, Markus: Entwicklungs- und Erfolgsfaktoren für Produkte aus nachwachsenden  
Rohstoffen. Universität Köln, Köln 2002
- Lörks, Jürgen e. a.: Biologisch abbaubare Werkstoffe. FNR Gülzow 2003
- Metger, Jürgen: Agenda 21 und Biomasse Nutzung. Universität Oldenburg,  
Oldenburg 2005
- Paster, Mark e. a.: Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow. US Department of  
Energy, Washington 2003
- Plastics Europe: Analysis of plastics consumption and recovery in Europe. Brüssel 2004
- Pude, Rarl Pude e. a.: Pflanzen für die Industrie. FNR Gülzow 2004
- Quack, R. e. a.: Klebstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Franz-Patat-Zentrum,  
Braunschweig 1998
- Sartorius, Ingo: Biodegradable Plastics in the Social and Political Environment. Bio-  
polymers, Vol. 10, Wiley-VCH, Weinheim 2003
- Tänzer, Wolfram: Biologisch abbaubare Polymere. Deutscher Verlag für Grundstoff-  
industrie, Stuttgart 2000
- Verband der chemischen Industrie: Chemie Wirtschaft in Zahlen 2004. Frankfurt 2004
- Wagner, Günter: Waschmittel, Weinheim 2005
- Wenke, Stelter e. a.: CVVO-NET; Final Conference 2000. FNR Gülzow 2000
- Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung: Innovationsmotor Chemie 2005.  
Mannheim 2005

### **Websites**

[www.fnr.de](http://www.fnr.de)  
[www.ibaw.de](http://www.ibaw.de)  
[www.ufop.de](http://www.ufop.de)  
[www.vci.de](http://www.vci.de)  
[www.vke.de](http://www.vke.de)  
[www.zuckerwirtschaft.de](http://www.zuckerwirtschaft.de)

### **Experteninterviews**

Acordis  
BASF  
Bayer  
CargillDow  
Cerestar  
Cognis  
Degussa  
Henkel  
Lanxess  
Nordzucker  
Südzucker  
Wolff Cellulosics

Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie  
Fachverband der Stärkeindustrie  
Industrievereinigung Chemiefasern  
PlasticsEurope Deutschland  
Verband der Chemischen Industrie  
Wirtschaftsverband der Zuckerindustrie

# **Farben und Lacke**

**Rolf-Dieter Reineke**

**Matthias Graf von Armansperg \***

---

\* Prof. Dr. Rolf-Dieter Reineke und Dipl.-Ing./MBA Matthias Graf von Armansperg; meo Consulting Team, Weissenburgstr. 53, 50670 Köln, [www.meo-consulting.com](http://www.meo-consulting.com)  
Die Autoren danken Herrn Christoph Maier (Verband der deutschen Lackindustrie e. V., Frankfurt), Herrn Dr. Ulrich Platzek (Dr. Robert-Murjahn-Institut, Ober-Ramstadt) und Herrn Reinhold von Eben-Worlée (Worlée-Chemie GmbH, Hamburg) für ihre fundierten Fachbeiträge.



---

# Inhalt

|  |            |
|--|------------|
| <b>Farben und Lacke .....</b>            | <b>309</b> |
| <b>Abbildungen.....</b>                  | <b>312</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                   | 313        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten..... | 317        |
| 3 Analyse des Marktes.....               | 319        |
| 3.1 Farben und Lacke .....               | 319        |
| 3.2 Druckfarben.....                     | 327        |
| 3.3 Farben aus Färberpflanzen.....       | 329        |
| 4 Quellenverzeichnis .....               | 331        |



## Abbildungen

|   |     |
|---|-----|
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Farben und Lacke ...  | 315 |
| Übersicht über den Markt für Farben und Lacke.....  | 316 |
| Wertschöpfungsketten Farben und Lacke.....  | 318 |
| Produktion von Farben und Lacken in Deutschland 2003 .....  | 319 |
| Verbrauch von Farben und Lacken in Deutschland 2003 .....   | 320 |
| Die wichtigsten Anbieter für Bindemittel und<br>Additive im Markt für Farben und Lacke .....                              | 321 |
| Wettbewerbsdynamik im deutschen Markt für Farben und Lacke .....  | 325 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Nawaro als Rohstoffe für Bindemittel, Additive und Lösemittel..... | 326 |

## 1 Zusammenfassung

Deutschland ist der **bedeutendste Markt für Farben und Lacke in Europa**. Die Marktsegmente bilden im Wesentlichen Bauten- und Industriefarben sowie Industrielacke. Die Produkte werden überwiegend von **mittelständischen Unternehmen** hergestellt, die u. a. wegen der Globalisierung unter **wachsendem Wettbewerbs- und Konsolidierungsdruck** stehen. Hersteller von Bindemitteln, Additiven und Lösemitteln greifen bei der Verwendung von Nawaro meist auf Zwischenprodukte aus der chemischen und oleochemischen Industrie zurück. Naturprodukte wie Fette und trocknende Öle werden kaum noch in unveränderter Form eingesetzt. Die Unterscheidung zwischen Naturprodukt, modifiziertem Naturprodukt und Kunstprodukt ist fließend.

Bei einem Gesamtmarkt von 2,3 Mio. t betrug der **Produktionswert 2003 etwa 5,6 Mrd. €** bei Zugrundelegung der Herstellpreise der Endprodukte. Davon entfielen 4,6 Mrd. € auf Farben und Lacke sowie 1 Mrd. € auf Druckfarben. **Bindemittel** mit Nawaro-Anteil finden in ausgewählten Lacksorten Verwendung, als da sind Alkydharzlacke, lufttrocknende Bautenlacke inkl. Ölfarben, Einbrennlacke, industrielle wasserverdünnbare Alkydharzlacke, Alkydemulsionslacke, Reaktivverdünner aus epoxydierten Saatölen sowie Nitrocelluloselacke. Der **Hilfsmittelmarkt** umfasst u. a. Bindemittel (modifizierte Rizinusöle), Dispergiermittel (Sojalecithin), Antischaummittel, Filmbildungsmittel und Konservierungsmittel. Für **Lösemittel** wird Ethanol auf synthetischer sowie Nawaro-Basis eingesetzt. Aus gesundheitlichen Gründen sind Terpene auf Baumharzbasis fast vollkommen durch synthetische Produkte substituiert worden.

Die deutsche F+L-Industrie verwendet **ca. 190.000 t Nawaro p. a.**<sup>1</sup> Relevante Grundprodukte aus Nawaro sind Öle und Fette, Zucker, Stärke und Cellulose. Der Einsatz von Nawaro erfolgt vor allem im Bereich der Filmbildner (Bindemittel), der Additive und der Lösemittel. Wichtigstes Anwendungsgebiet für Nawaro sind **Bindemittel** auf Alkydharzbasis (Polyester aus Pflanzenöl bzw. Fettsäuren und Alkoholen) sowie auf Cellulosebasis. Bindemittel in Farben, Lacken und Druckfarben enthalten

---

1 Der Verbrauch für die Ethanolherstellung ist hierbei nicht berücksichtigt (potenziell ca. 40.000 t); traditionell hat Syntheseethanol in der Lösemittelproduktion eine starke Position.

rund 180.000 t Nawaro. Der deutsche Bindemittelmarkt wird von heimischen Herstellern dominiert. Mehr als die Hälfte aller für Bindemittel und Additive eingesetzten Nawaro (z. B. Sojaöl, Cellulose) stammt aus dem Ausland.

Der Markt für Farben und Lacke zeigt mit einem durchschnittlichen Mengenwachstum von 2 % nur eine **geringe Dynamik**. Die schleppende Konjunktur insbesondere im Baubereich hat zu einer angespannten Wettbewerbssituation geführt. Exporte haben mit 8 % zugelegt, Importe sind mit 17 % noch stärker gestiegen, wobei es sich teilweise um Re-Importe aufgrund von Produktionsverlagerungen handelt. Eine langfristige Veränderung des Wachstums ist unmittelbar abhängig von der Entwicklung der Endabnehmerindustrien. Bei Druckfarben gibt es einen etablierten Markt für Nawaro. Naturfarben hingegen sind nicht marktrelevant.

| Kriterien  | Ausprägung im Markt für Farben und Lacke  |
|--|---|
| Marktgröße in 2004 in D  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Gesamtmarkt (Farben und Lacke mit Druckfarben) für Nawaro beträgt rund 190.000 t mit einem Produktionswert von ca. 200 Mio. € (Endprodukte ohne Ethanol)</li> </ul>  |
| Marktwachstum  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur geringes Marktwachstum erwartet (ca. 2 % Menge)</li> <li>• Zukünftige Marktgröße stark abhängig von allgemeiner wirtschaftlicher Situation in den Endabnehmer-Branchen</li> </ul>  |
| Absatz- und Einkommenspotenzial für dt. Land- u. Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relevante Grundprodukte aus Nawaro sind: Öle und Fette, Zucker, Stärke und Cellulose für Bindemittel, Additive und Lösemittel</li> <li>• Als aktuelles Potenzial für die deutsche Landwirtschaft ergibt sich eine Menge von 75.000 t Nawaro und ein Wert von etwa 85 Mio. €</li> </ul>   |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- u. Forstwirtschaft           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei verwendeten Nawaro-Bindemitteln dominieren deutsche Hersteller, allerdings muss sich die deutsche Landwirtschaft als deren Lieferant gegen ausländische Produkte (z. B. Sojaöl, Cellulose) und synthetische Lösungen durchsetzen</li> <li>• Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft ist durch hohe Energie- und Personalkosten beeinträchtigt</li> </ul> |
| F&E Defizite   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei vorhandenen Produkten gering; Entwicklung geht in Richtung Wasserlacke und low-VOC bzw. lösemittelfreie Lacke</li> <li>• Zusammenarbeit der Industrie mit Universitäten kann weiter ausgebaut werden</li> </ul>  |
| Risiken  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marktentwicklung stark abhängig von allgemeiner wirtschaftlicher Entwicklung und Auswirkungen der Globalisierung</li> <li>• Abhängigkeiten von politischen Entscheidungen, vor allem im Rahmen von REACH</li> </ul>  |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ geringer Beitrag zu Reduzierung CO<sub>2</sub></li> <li>• Relativ geringer Beitrag zur Schonung fossiler Ressourcen</li> <li>• Förderung Artenvielfalt durch Färbepflanzen (allerdings nur winzige Anbaufläche)</li> </ul>   |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Farben und Lacke

|                | Bindemittel   | Additive  | Lösemittel  | Druckfarben   | Färberpflanzen   |
|----------------|---|---|---|---|--|
| Markt-Größe*   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 400.000 t (Nawaro-Anteil ca. 90.000 t)</li> <li>• ca. 900 Mio. € (Nawaro-Anteil ca. 65 Mio. €, davon 32 Mio. € Import)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20.000 t (Nawaro-Anteil ca. 10.000 t)</li> <li>• ca. 100 Mio. € (Nawaro-Anteil ca. 5 Mio. €, davon 2 Mio. € Import)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 300.000 t (pot. Nawaro-Anteil 40.000 t)</li> <li>• ca. 300 Mio. € (potenzieller Nawaro-Anteil 4 Mio. €, kaum Import)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 300.000 t (Nawaro-Anteil ca. 90.000 t)</li> <li>• 1 Mrd. € (Nawaro-Anteil ca. 125 Mio. €, - 60 % Import)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ca. 14 t Nawaro-Anteil</li> <li>• ca. 6 Mio. € Nawaro-Anteil</li> </ul>   |
| Markt-wachstum | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: ca. 2 % (Menge)</li> <li>• bis 2020: gering wachsend bis stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: ca. 2 % (Menge)</li> <li>• bis 2020: gering wachsend bis stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: ca. -5% (Menge)</li> <li>• bis 2020: sinkend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: gering</li> <li>• bis 2020: stagnierend</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: gering</li> <li>• bis 2020: stagnierend</li> </ul>  |
| Treiber        | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Deutschland ist federführend bei der Entwicklung im Bereich F+L, auch hinsichtlich der Verwendung von Nawaro</li> <li>+ Im Bereich der Bindemittel ist der Einsatz von Nawaro etabliert und hat bereits Tradition</li> <li>+ Bauten- und Industrielacke werden wegen der hohen Transportkosten eher weiter in Deutschland produziert werden</li> <li>+ Umschichtung auf wässrige und low-VOC bzw. lösemittelfreie Bindemittel</li> <li>- Substitution der Nawaro ist durch synthetische Harze weitestgehend möglich, technologische Barrieren sind gering</li> <li>- Marktentwicklung stark abhängig von allgemeiner wirtschaftlicher Entwicklung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Hohe Rohölpreise machen den Einsatz von Nawaro attraktiver</li> <li>+ Im Bereich der Additive ist der Einsatz von Nawaro etabliert und hat Tradition</li> <li>+ Neue Technologien (z. B. Nanotechnik) können F+L attraktiv machen, auch für Nawaro – Einsatz im Additive-Bereich</li> <li>- Die Auslese nach REACH wird nach wirtschaftlichen und nicht nach toxikologischen Gesichtspunkten erfolgen; (Nawaro-) Spezialitäten entfallen</li> <li>- Nawaros partizipieren nur unterproportional am steigenden Additivverbrauch für neue High Solid- und Wasser-Systeme. Ihr Einsatz bleibt auf Nischen begrenzt (z. B. modifizierte Rizinusverdickungsmittel)</li> <li>- Synthetische Verdickungsmittel verdrängen natürliche Verdickungsmittel</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Die Lackindustrie nutzt ca. 25.000 t Ethanol. Dieses kann entweder synthetisch oder aus Nawaro hergestellt werden. Bei hohen Ethylenpreisen verschlechtert sich die Wettbewerbsposition von Synthesethanol</li> <li>- Die Lösemittel-Verordnung aus dem Jahr 2004 sieht eine weitere Absenkung von Lösemitteln mit flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) um 30 % bis 2010 vor. VOCs tragen zur Bildung von bodennahem Ozon und damit zur Entstehung von Sommersmog bei. Konventionelle Lackssysteme werden sukzessive auf wasserlösliche Lackssysteme umgestellt</li> <li>- Terpentin aus Balsam- und Kiefernöl wurde wegen seiner gesundheitsschädlichen und umweltgefährdenden Wirkung bereits weitestgehend substituiert</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steigende Mineralölpreise</li> <li>+ Selektive Produktvorteile für Nawaro in Nischen (biologische Abbaubarkeit, Umweltverträglichkeit)</li> <li>- Nachhaltiger Preisdruck</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Punktuelle Nachfrage z. B. bei Pharmazeutika, Lebensmittel und Künstlerfarben</li> <li>- Mangelnde industrielle Bedeutung</li> <li>- Unausgereifte Anbau- und Verarbeitungsverfahren</li> <li>- Technische Einschränkungen z. B. bei der Lichtechtheit</li> </ul> |

\* Die Zahlen beziehen sich auf das Jahr 2004; Quelle: Expertenschätzungen, Workshop 14.03.2005

Abbildung: Übersicht über den Markt für Farben und Lacke

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Die Wertschöpfungsketten bei Farben und Lacken, ausgenommen Druckfarben, verlaufen im Wesentlichen dreistufig.

Die Inlandsproduktion an Farben und Lacken (ohne Verdünnungen) betrug 2 Mio. t im Jahr 2003. Der Nawaro-relevante F+L-Markt, ausgenommen Druckfarben, umfasst primär Bindemittel, Additive und Lösemittel.


**Bindemittel** haben einen Mengenanteil von ca. 20 % bezogen auf den fertigen Lack. Nawaro-relevant sind insbesondere Alkydharz-Bindemittel auf Basis von natürlichen Ölen (z. B. Sojaöl, Sonnenblumenöl, Leinöl, Rizinusöl, Safloröl, Tallöl, Holzöl) bzw. deren Fettsäuren sowie zu einem geringeren Anteil Bindemittel auf Basis von Cellulose-Derivaten. Das Nawaro-Volumen von rund 90.000 t setzt sich zu ca. 83.000 t aus Fettsäuren und Ölen und zu ca. 7.000 t aus Cellulose-Derivaten zusammen. Nach Abzug importierter Sojaprodukte und Cellulose verbleiben 32.000 t als Potenzial für die deutsche Landwirtschaft. Den Markt für Nawaro-Bindemittel dominieren deutsche Lieferanten. Der Markt ist stagnierend, Wachstum zeigen nur die synthetischen Acrylat-Bindemittel. Der Preis pro Tonne Bindemittel auf Alkydharzbasis liegt bei 1.300 € sowie bei 1.100 €/t für größere Mengen.

Mindestens 1 % des Gesamtmarktes von 2 Mio. t, also 20.000 t, entfällt auf **Additive**, die auf der Basis von Celluloseleimen, Fettsäurederivaten und sonstigen Stoffen produziert werden. Die Nawaro-Einsatzmengen für Additive verteilen sich in Deutschland wie folgt:

- gesättigte Fettsäuren            100 t,
- ungesättigte Fettsäuren       5.200 t (davon 3.700 t Sojaöl-Fettsäure),
- Sojaöl                                3.000 t,
- sonstige Öle                         1.000 t.

Die Preise pro Kilo Additiv variieren je nach Produkt zwischen 3,60 € und 20 €, der gewichtete Durchschnitt liegt bei 5 €/kg.

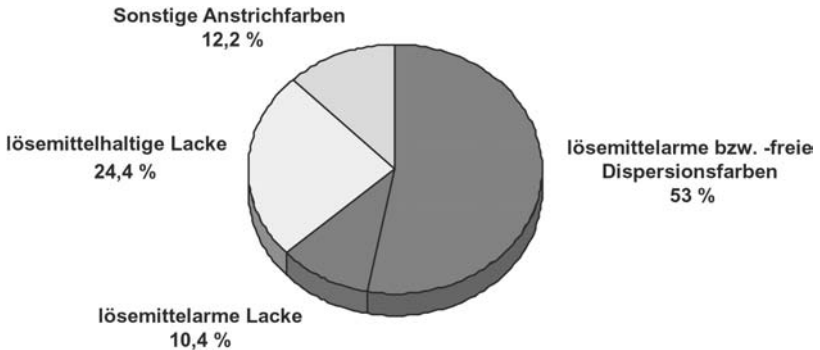
Die Lackindustrie verarbeitet jährlich etwa **300.000 t Lösemittel**, wobei knapp 60 % aller in Deutschland produzierten Farben und Lacke lösemittelarm bzw. lösemittelfrei sind. Die Lösemittel-Verordnung schreibt bis 2010 eine Reduzierung des Lösemiteleinsatzes um 30 % vor, um negative Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt zu reduzieren. Der Ethanolverbrauch für die Lösemittelherstellung liegt bei rund 25.000 t

| Produkt(gruppe)  | Wertschöpfungsketten  |
|--|---|
| Alkydharzlacke, Bautenlacke (lufttrocknend), einschl. Ölfarben | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlieferant (Harzhersteller, 40–70 % der Wertschöpfung) benutzen Pflanzenöl zur Herstellung des Alkydharzbindemittels (30–40 %iger Anteil der Bindemittel im Lack), wird in Tankwagen in die Lackfabrik geliefert, dort Verbindung mit Pigmenten, Lösemitteln (enthalten keine Nawaro) und Additiven (z. B. Sojalecithin, von anderen Zulieferern); Lacke werden benutzt für beschichtete Endprodukte</li> </ul>  <pre> graph LR     A[Vorprodukte<br/>(z. B. Sojaöl)] --&gt; B[Herstellung<br/>Bindemittel<br/>und Additive]     B --&gt; C[Herstellung<br/>Endprodukte<br/>Farben und<br/>Lacke]   </pre> |
| Alkydharzlacke, Industrielacke (luft- u. wärmetrocknend)       |   |
| Nitrocellulose-lacke (Holzlacke)                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bindemittel aus Cellulose (Holz) und Salpetersäure; Prozessunterschied: Cellulose wird mit konzentrierter Salpetersäure bearbeitet; Lack enthält hier nur 20 % Bindemittel</li> </ul>  |
| Wässrige Anstrichstoffe im Baufarbenbereich                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettsäurederivate und Cellulosederivate (z. B. Celluloseleime zum Verdicken von wässrigen Farben, Entschäumer (Additive)); wird als Granulat bzw. Pulver von der Lackfabrik zugekauft und geht in den Prozess ein</li> </ul>   |
| Wasserlacke auf Alkydharzbasis (Alkydemulsion)                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im wesentlichen ähnlicher Prozess wie oben (Marktvolumen liegt bei nur 10.000–15.000 t, allerdings nimmt der Absatz dieser Produktgruppe stark zu)</li> </ul>  |

\* Diese Produktgruppen sind nach Additiven sortiert (für alle Anwendungen), alle anderen sind nach Bindemitteln sortiert

Abbildung: Wertschöpfungsketten Farben und Lacke

p. a. Der Syntheseeanteil kann durch Fermentationsethanol ersetzt werden. Terpene auf Basis von Baumharzen sind bereits weitgehend ersetzt.



Quelle: Verband der deutschen Lackindustrie e. V.

Abbildung: Produktion von Farben und Lacken in Deutschland 2003 – 2 Mio. t

### 3 Analyse des Marktes

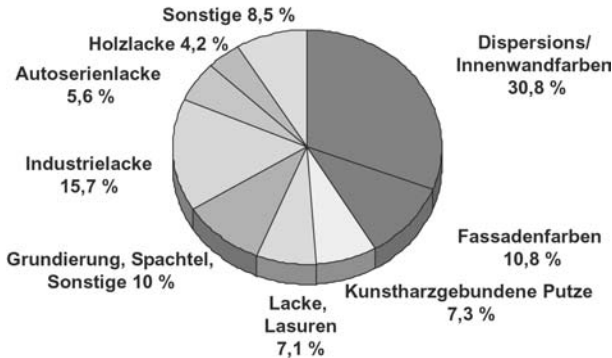
#### 3.1 Farben und Lacke

Der **deutsche Markt** für Farben und Lacke ist der **größte in Europa**. Die deutsche Farben- und Lackindustrie produzierte im Jahr 2003 insgesamt **2 Mio. t Produkte im Wert von rund 4,6 Mrd. €**, wovon ca. zwei Drittel in Deutschland verarbeitet und ein Drittel exportiert wurden. Während die Exporte um 8 % zugelegt haben, stiegen die Importe sogar um 17 %, u. a. infolge von Re-Importen, die durch Produktionsverlagerungen ins Ausland verursacht wurden. Der Inlandsverbrauch an Farben und Lacken lag 2003 bei 1,5 Mio. t. Langfristige Veränderungen des **Wachstums** auf dem F+L-Markt sind primär abhängig von der Entwicklung der Industrien am Standort Deutschland.

Am bedeutendsten ist das Segment **Dispersions- und Innenwandfarben** mit einem Anteil von rund 30 % am Gesamtmarkt. **Bautenfarben** dürften wegen der hohen Transportkosten auch weiterhin vorzugsweise in Deutschland produziert werden. Der Importanteil liegt derzeit bei



rund 11 bis 15 %, der Exportanteil bei 5 %. Auch **Industrielacke** werden voraussichtlich in erster Linie im Land bleiben (Zeithorizont bis 2015) und haben einen hohen Exportanteil von ca. 40 %.



Quelle: Verband der deutschen Lackindustrie e. V.

Abbildung: Verbrauch von Farben und Lacken in Deutschland 2003 – 1,5 Mio. t

Es gibt ca. **250 Unternehmen** mit insgesamt 20.500 Beschäftigten, die Farben und Lacke herstellen, und einen durchschnittlichen Umsatz von jährlich jeweils 20 Mio. € erzielen. Für die F+L-Industrie, die mit 50 bis 100 Beschäftigten je Unternehmen in erster Linie **mittelständisch** geprägt ist, stellt die Globalisierung ein großes Problem dar.

In der **Bautenlacke-Industrie** halten die zehn größten Unternehmen ca. 60 % des Marktanteils. Angesichts der Überkapazitäten besteht ein **scharfer Wettbewerb** um die Abnehmer und Abnehmergruppen, also Baumärkte, Farbengroßhandel sowie 33.000 Betriebe des Malerhandwerks, die zudem hohe Anforderungen an die Produkte stellen.<sup>2</sup> So sind

---

2 Es gibt in Deutschland Akzeptanzprobleme bei den Anwendern durch (vorübergehend) „stinkende“ Öko-Farben, während diese Geruchsentwicklung in südeuropäischen Ländern nicht beanstandet wird.

z. B. inzwischen eine Million Farbtöne durch die Farbmischmaschine zu erzeugen.

Für den F+L-Markt werden langfristig (Zeithorizont bis 2010/2020) neben der Entwicklung der relevanten Abnehmerindustrien auch die Auswirkungen der REACH-Verordnung eine wichtige Rolle spielen, die zum jetzigen Zeitpunkt allerdings noch nicht absehbar sind.<sup>3</sup>

Die **Markteintrittsbarrieren** sind **relativ hoch**. In einigen Segmenten ist spezielles technisches Know-how erforderlich. In der Autoindustrie werden die Bedingungen vielfach einseitig von den Fahrzeugherstellern diktiert. Die Übernahme der kompletten Lackierung durch den Lacklieferanten, wie z. B. bei der Mercedes A-Klasse durch die BASF Coatings bildet eher die Ausnahme. Einen wirklichen Markt gibt es nur im Sektor Autoreparaturlacke. Deshalb ist in erster Linie mit einem internen Wachstum der vorhandenen Unternehmen zu rechnen. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den **Bindemittel- und Additive-Herstellern**.

| Anbieter für Bindemittel             | Anbieter für Additive        |
|--------------------------------------|------------------------------|
| • BASF (D)                           | • Byk (D) – Altana – Konzern |
| • Bayer (D)                          | • Cognis (D)                 |
| • Cray Valley (USA)                  | • Cytec (USA)                |
| • Cytec (USA)                        | • Dow Corning (USA)          |
| • DSM (NL)                           | • EFKA (NL) – CIBA – Konzern |
| • Eastman (USA)                      | • Münzing (D)                |
| • Nuplex (AUS) – vormals AKZO Resins | • Tego (D) – Degussa-Konzern |
| • Synthopol (D)                      | • Worlée (D)                 |
| • Worlée (D)                         |                              |

Abbildung: Die wichtigsten Anbieter für Bindemittel und Additive im Markt für Farben und Lacke

3 S. zur REACH-Verordnung (Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals) auch die Ausführungen zur Wettbewerbssituation.

Die natürlichen Bindemittel konkurrieren mit den synthetischen Bindemitteln, da beide gleichermaßen in der F+L-Herstellung eingesetzt werden können. Jedes neue Vorprodukt wird vom Labor des F+L-Herstellers auf seine technischen und verarbeitungstechnischen Eigenschaften getestet, d. h. die Rezeptur wird ausprobiert. **F&E-Bedarf** besteht zu der Frage, wie die F+L-Industrie mit weniger Lösemittel auskommt. Hierzu werden neuartige Bindemittel benötigt, die weiterhin auf Alkydharzbasis (Wasser- und low-VOC streichbare Lacke) sein können. Bisher war die Anforderung aliphatenlösliche Alkydharz-Bindemittel zu entwickeln, da aromatische Lösemittel ungünstige Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz erzeugen. Nun sollen kohlenwasserstoffhaltige Lösemittel ganz oder teilweise substituiert werden. Derzeit befinden sich low-VOC Lacke mit reduziertem Lösemittel- und erhöhtem Nawaro-Anteil in der Entwicklung. Die Nanotechnologie wird umweltschonenden Lacken auf Basis von Funktionsmodulen zum Durchbruch verhelfen, wobei auch Nawaro mit entsprechenden modifizierten Nanoarchitekturen eingesetzt werden können. So genannte schaltbare Lacke befinden sich noch ganz am Anfang der Entwicklung. Unter schaltbar versteht man z. B. das Absorptionsverhalten der Beschichtung im Infrarotbereich oder Lacke mit photovoltaischen Eigenschaften, die elektrische Energie aus Sonnenenergie erzeugen können.

**Ökobilanzen** sind im F+L-Bereich schwer zu erstellen. In der Schweiz wurde vor zehn Jahren eine entsprechende Studie vom Bundesamt für Umweltschutz (Buwal) durchgeführt. Neuere Studien liegen nicht vor. Das Fazit der Branchenvertreter lautet, dass Öko-Lacke gesundheitlich nicht besser zu bewerten sind als synthetische Lacke. Ein ausschließlicher Einsatz von Nawaro in der Lackindustrie wird heute von Branchenvertretern als undenkbar bewertet. Naturprodukte wie Fette und trocknende Öle werden kaum noch in unveränderter Form als Bindemittel eingesetzt, so dass die Unterscheidung zwischen Naturprodukt, modifiziertem Naturprodukt und Kunstharz fließend ist.

Unterschiedliche Label werden zur Kennzeichnung umweltfreundlicher Produkte verwendet. Das Produktlabel „Blauer Engel“ erhalten lösemittelarme Lacke und Farben, das Produktlabel „Natureplus“ wird an ökologisch und gesundheitlich unbedenkliche Wandfarben, Lacke, Lasuren und Öle auf Basis nachwachsender Rohstoffe vergeben. Die Ökobilanzen

der EU bilden die Basis für die Kriterien, die bei der Vergabe des europäischen Umweltzeichens (ECO-Label) zu Grunde gelegt wurden.

Die **REACH-Verordnung** (Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals) wird die **Rahmenbedingungen** der Branche entscheidend beeinflussen. Die EU beabsichtigt, in diesem Programm alle chemischen Stoffe ab 1 t/a (auch Nawaro) zu erfassen, in einem Inventar zu verzeichnen, einzeln zuzulassen und mit einer Registrierungsnummer zu versehen. Dazu muss jeder Stoff toxikologisch untersucht werden. Darüber hinaus wird ein Risk Assessment bei Mengen > 10 t/a vorgenommen. Ungeklärt ist die Frage, wer die Prüfkosten übernimmt, also z. B. die Abnehmer der Landwirte im Fall der Nawaro. Die Großindustrie wird REACH nutzen, um ihre **Produktpalette zu bereinigen**. Dabei werden ca. 10 bis 20 % aller verwendeten Stoffe entfallen, und auch die Lieferanten werden viele Produkte aussortieren. Die Auslese wird allerdings nach wirtschaftlichen und nicht nach toxikologischen Gesichtspunkten erfolgen. In der Folge wird es mehr standardisierte Produkte geben, Spezialitäten werden entfallen. Insgesamt gehen Branchenvertreter von einem weiteren **Wettbewerbsnachteil für die europäische F+L-Industrie** aus.

Das Problem bei **bestehenden EU-Richtlinien** besteht darin, dass sie „Hazard“-orientiert und nicht „Risk“-orientiert sind. Lacke mit Kobalttrockenstoff laufen so z. B. Gefahr, einen Totenkopf als Kennzeichnung zu erhalten, obwohl der Trockenstoff nicht eingeatmet wird. An die künftigen Messmethoden sind synthetische Produkte oftmals leichter anzupassen. So sind z. B. die für Aldehyd- und Carbonsäureemissionen im AgBB<sup>4</sup>-Schema vorgesehenen Messungen mit 28 Tagen oftmals zeitlich zu kurz gegriffen, da bei Nawaros erst zu einem späteren Zeitpunkt die Emissionen nachlassen.

Die neue **Lösemittel-Verordnung (VOC)** aus dem Jahre 2004 sieht eine weitere Absenkung von Lösemitteln mit flüchtigen organischen Verbindungen um 30 % bis zum Jahr 2010 vor. Sie soll zu einer weiteren Verringerung der bodennahen Ozon-Bildung und damit der Entstehung von Smog beitragen. Durch die Lösemittel-Verordnung wird die Einführung lösemittelfreier bzw. lösemittelarmer Lacksysteme weiter vorangetrieben. Dies geht zu Lasten der auf Alkydharz und Cellulose basierten Lack-

---

4 AgBB – Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten.

systeme und der darin enthaltenen Nawaro. Die Reduzierung der Lösemittel-Emissionen wird erzielt durch:

- höhere Feststoffgehalte (High-Solid-Lacke),
- wasserverdünnbare Lacke,
- Pulverlacke ohne Lösemittel,
- strahlenhärtbare Lacksysteme (weitgehend lösemittelfrei).

Bindemittel auf Basis von Pflanzenölen sind für die Entwicklung low-VOC bzw. lösemittelfreier Lacke sehr vielversprechend.

Die **Wettbewerbssituation** ist durch eine schlechte Position der F+L-Hersteller in der Wertschöpfungskette gekennzeichnet.

Bei einer zusammenfassenden Bewertung des Marktes für Farben und Lacke ergeben sich die nachfolgend aufgeführten Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken für den Einsatz von Nawaro als Rohstoffe für Bindemittel, Additive und Lösemittel.

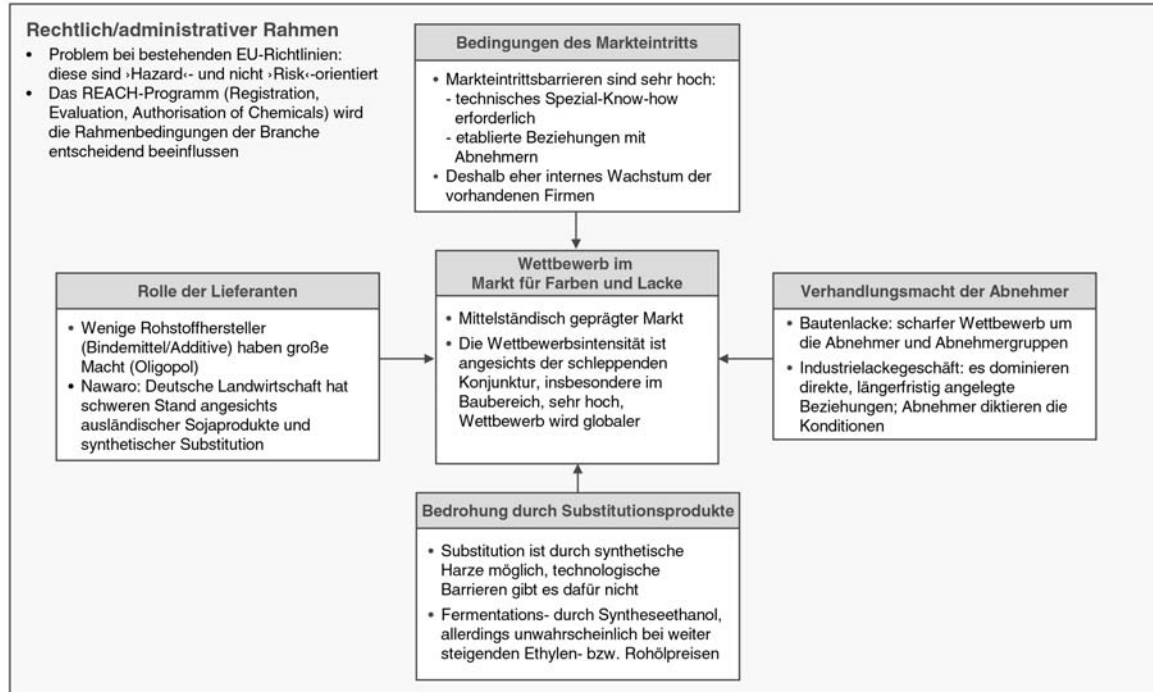


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im deutschen Markt für Farben und Lacke

| Stärken  | Schwächen   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbau von Nawaro, die für F+L verwendet werden, ist wirtschaftlich und erfordert keine zusätzlichen Subventionen</li> <li>• Im Bereich der Bindemittel und Additive ist der Einsatz von Nawaro etabliert und hat bereits Tradition. Dies gilt auch zunehmend für Lösemittel</li> <li>• Deutschland ist federführend bei der Entwicklung im Bereich F+L, auch hinsichtlich der Verwendung von Nawaro in der Bindemittel- und Additiveproduktion</li> <li>• Einsatz von Nawaro hat meist keine spezifischen Vorteile aus technischer Sicht bzw. von der Produktqualität her (positiv: hat aber auch keine Nachteile)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die drei größten Firmen der F+L-Branche haben Ihren Sitz im Ausland</li> <li>• Sojaprodukte aus Asien und Amerika haben eine starke Marktposition</li> <li>• Synthetisches Ethanol hat als Lösemittel traditionell eine starke Position. Fermentationsethanol hat teilweise mit Imageproblemen zu kämpfen</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Technologien (Nanotechnik, aber auch zahlreiche konventionelle Innovationen) können F+L attraktiv machen, auch für Nawaro-Einsatz</li> <li>• Neue Wasserlacke und low-VOC Lacke sind gefragt und haben einen deutlich höheren Nawaro-Anteil</li> <li>• Der deutsche Markt ist der größte in Europa</li> <li>• Bauten- und Industrielacke werden wegen der hohen Transportkosten eher weiter in Deutschland produziert werden</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das REACH-Programm kann das Aus für viele Stoffe aus wirtschaftlichen Gründen bedeuten</li> <li>• Die Struktur der Märkte und das Abnehmerverhalten bietet nur geringe Spielräume</li> <li>• Mittelständische Struktur der F+L-Branche; ist für die Globalisierung schlecht gerüstet</li> </ul>                      |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Nawaro als Rohstoffe für Bindemittel, Additive und Lösemittel

**Zusammenfassend kann festgehalten werden:**

- Relevante Grundprodukte aus Nawaro sind Öle und Fette, Zucker, Stärke und Cellulose.
- Der Einsatz von Nawaro für Farbe und Lacke ist meist historisch gewachsen und findet vor allem im Bereich der Filmbildner (Bindemittel) und der Additive (Hilfsstoffe) statt. Bei den Lösemitteln wird neben Syntheseethanol auch Fermentationsethanol eingesetzt.
- Für das Segment Farben und Lacke ergibt sich insgesamt ein Nawaro-Potenzial von derzeit rund 100.000 t in den konventionellen Anwendungen. Wichtigste Nawaro sind dabei mit rund 90.000 t Fettsäuren und Pflanzenöle.
- Über 50 % des Nawaro-Anteils stellen importierte Soja- und Celluloseprodukte dar. Die deutsche Landwirtschaft liefert ca. 45.000 t Nawaro mit einem geschätzten Wert von 27 Mio. €.
- Deutsche Unternehmen sind, auch hinsichtlich des Nawaro-Einsatzes, im F&E-Bereich führend.
- Wegen des hohen Nawaro-Anteils (40 bis 50 % Bindemittelanteil statt der sonst üblichen 20 % im Lack), stellen die momentan stark vom Markt und der Industrie gepushten Wasserlacke und die High Solid-Lacke ein interessantes Fördersegment dar. Auch die Verwendung der Nano-Technologie ist viel versprechend.
- Die Wettbewerbsfähigkeit von Syntheseethanol wird durch hohe Etylenpreise und die Entwicklung des Bioethanolmarktes beeinträchtigt. Hier ergibt sich ein zusätzliches Absatzpotenzial für Fermentationsethanol von geschätzten ca. 10.000 bis 15.000 m<sup>3</sup>.
- Die Zusammenarbeit mit den Universitäten ist aus Sicht der Industrie verbesserungsbedürftig.

**3.2 Druckfarben**

Bei der Herstellung von Druckfarben werden seit jeher zu einem **erheblichen Anteil Nawaro** eingesetzt. Der Markt für Druckfarben steht unter hohem **internationalen Wettbewerbsdruck**. Der Konzentrationsprozess in der Branche schreitet rasch voran. Weltmarktführer ist derzeit noch Dai Nippon Sun mit 28 % Marktanteil. Doch das aus Verschmelzung der Druckfarbensparten von BASF und Akzo hervorgegangene Unternehmen Xsys (18 % Marktanteil) will den deutsch-amerikanischen Wettbewerber Flint-Schmidt (11 % Marktanteil) übernehmen und könnte dann



die Führungsrolle einnehmen. Die Fusionswelle übt auf deutsche Familiengesellschaften wie die Siegwerte (8 % Marktanteil) und Huber (8 % Marktanteil) erheblichen Druck aus.

Der europäische Markt für Druckfarben beläuft sich auf **ca. 1 Mio. t mit einem Wert von etwa 3,2 Mrd. €**. Hauptmarktsegmente bilden mit 40 % die Offsetdruckfarben (Bogen-, Rollen- oder Zeitungsdruck), mit 30% die Verpackungsdruckfarben, und mit 20 % die Tiefdruckfarben. Rund 40 % der europäischen Produktion entfallen auf Druckfarbenhersteller aus Deutschland.

Bei konventionellen Druckfarben bilden **Nawaro** als Bindemittel (z. B. Kolophonium, Baumharz, Cellulosederivate), als reaktive Lösemittel (z. B. Leinöl, Sojaöl) oder als Hilfsmittel (z. B. Stärke, Bienenwachs) einen **festen Bestandteil des Farbsystems**. Der Nawaro-Einsatz schwankt je nach Farbsystem erheblich, z. B. ca. 3 % im Rollenoffsetzeitungsdruck (schwarz) bis zu max. 60 % im Bogenoffsetdruck (farbig). Der Begriff Ökodruckfarben ist irreführend, da abgesehen von der Substitution von Mineralölen durch Pflanzenöle weiterhin synthetische Farbmittel für die Lichtechtheit verwendet werden. Der Einsatz von Ökodruckfarben ist wegen Nachteilen bei Preis und Trocknungsverhalten auf Nischen im Bogenoffsetdruck begrenzt. Für Druckfarben werden **ca. 90.000 t Nawaro im Wert von etwa 125 Mio. €** verwendet, wobei mengenmäßig über 85 % auf Pflanzenöle und Harze und der Rest auf Cellulosederivate entfallen. 65 % Nawaro werden importiert.

Der Druckfarbenmarkt ist eng mit der der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung verknüpft. In Zeiten mit geringem wirtschaftlichem Wachstum werden weniger Güter hergestellt und verpackt und die Werbeausgaben werden reduziert. Der Markt zeigt ein geringes Mengenwachstum von 1 bis 2 % in Verbindung mit nachhaltigem Preisdruck. Experten der Druckfarbenindustrie rechnen mit einem **Wachstum von 1 bis 2 % für Nawaro**. Triebfeder für den Einsatz von Nawaro sind Leistungsvorteile in ausgewählten Anwendungsbereichen und die Schonung der begrenzten Rohölressourcen.

**Zusammenfassend kann festgehalten werden:**

- Nawaro auf Basis von Pflanzenölen, Cellulose, Baumharzen und deren Derivaten werden seit jeher in größeren Mengen bei der Herstellung von Druckfarben verwendet.

- Bei der Neuentwicklung von technisch leistungsfähigen und ökonomisch effizienten Druckfarben konkurrieren Nawaro mit synthetischen Rohstoffen.
- Synthetische Rohstoffe bieten nach wie vor deutliche Preisvorteile und weisen ein schnelleres Trocknungsverhalten auf, was insbesondere beim Rollenoffsetdruck von entscheidender Bedeutung ist.
- Eine schwedische Studie hat zudem die ökologische Gleichwertigkeit von Mineral- und Pflanzenöl in Druckfarben aufgezeigt. Pflanzenölbasierte Bindemittel sind allerdings verseifbar und damit biologisch leichter abbaubar. Bleibender Vorteil von Nawaro ist die Schonung der Rohölressourcen.
- In einem reifen Markt, der unter hohem Preisdruck steht, ist das zukünftige Wachstum für Nawaro begrenzt.
- Die technisch machbaren Einsatzquoten für Nawaro im Druckfarbenbereich sind nach Meinung von Experten bereits weitgehend ausgeschöpft.
- Fördermaßnahmen sind punktuell zu gestalten und zwar dort, wo ein Unternehmen identifiziert werden kann, das ein konkretes Interesse hat (z. B. mit Ökodruckfarben eine Differenzierung im Markt zu erreichen), dies aber ohne Förderkomponente nicht realisieren kann. Allerdings sollte auch hier der „Impact“ von punktuellen Maßnahmen kritisch analysiert werden.

### 3.3 Farben aus Färberpflanzen

Aus Färberpflanzen hergestellte Färberstoffe (Pigmente) spielen bezogen auf den Gesamtmarkt **mengen- und wertmäßig keine** Rolle. Ein Markt für biologische Färberstoffe muss erst entwickelt werden. Die Nachfrage ist aktuell nur in einigen **Nischen** vorhanden und kommt für eine industrielle Verwendung nicht in Betracht. Es gibt eine starke Konkurrenz aus Asien. Innerhalb des Einsatzgebietes Farben und Lacke haben Naturfarbstoffe die folgenden Einsatzgebiete:

- Färben von Papier, Pelzen und Leder,
- Färben von Holz(-schnitzeln),
- Lebensmittelfarbstoffe,
- Künstlerpigmente.

Grundsätzlich ist es möglich, in Deutschland Färberpflanzen in hoher Qualität und zu Weltmarktpreisen zu produzieren:

| Pflanze             | Weltmarktpreis  | Produktionskosten D |
|---------------------|-----------------|---------------------|
| Krappwurzel         | 4,50–10,00 €/kg | 4,00–6,50 €/kg      |
| Reseda              | 7,50–12,00 €/kg | 1,50–2,50 €/kg      |
| Kanadische Goldrute | 1,70–3,50 €/kg  | 1,00–2,00 €/kg      |
| Färberhundkamille   | 7,50 €/kg       | 2,00–3,50 €/kg      |

Trotz erheblicher Anstrengungen gibt es immer noch **keinen nennenswerten Anbau von Färberpflanzen in Deutschland**. Lediglich für Holzschutzmittel und für pharmazeutische Zwecke gibt es gewisse Fortschritte. Derzeit werden in Deutschland jährlich rund 45 ha Färberpflanzen meist im Vertragsanbau geerntet. Rund 15 t Trockenmasse erreichen einen Marktwert von ca. 6 Mio. €.

Bei **Textilien und in der Lederindustrie** wird ein wieder erwachtes Interesse an Produkten festgestellt, die mit heimischen Nawaro hergestellt werden; dies gilt allerdings nur für ein kleines Teilsegment der Verbraucher.

**In Europa** (Finnland, Österreich, Italien) wurden in den letzten Jahren diverse Forschungsprojekte zu Färberpflanzen realisiert. Ein EU-Projekt zu Farbstoff liefernden Pflanzen wurde bereits 1993 durchgeführt. In den Jahren 2001 bis 2004 fand das EU-Projekt SPINDIGO – Sustainable Production of Plant-derived Indigo – unter Beteiligung der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft und der Firma Livos statt. In den Niederlanden existiert ein Betrieb, der seit mehreren Jahren auf ca. 50 ha Krapp anbaut. In Frankreich wird der Waidanbau kommerziell betrieben. In **Südamerika** wurde die Indigo-Produktion im Rahmen eines Projektes der Entwicklungszusammenarbeit gefördert (GTZ).

Der **industrielle Einsatz von Naturfarben** bei farbstoffintensiver Fertigung **geht in Deutschland gegen Null**. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Naturfarben sowohl in preislicher Hinsicht als auch hinsichtlich der Gebrauchseigenschaften nicht mit konventionellen, synthetischen Farbstoffen konkurrieren können. Wirtschaftlich würde der Anbau von Färberpflanzen nur dann Sinn machen, wenn die Nachfrage insbesondere nach Textilien und Leder, die mit Naturfarben gefärbt wurden, so ansteigt, dass sich ein Anbau in größerem Umfang anbieten würde. Aus landwirtschaftlich-ökologischer Sicht wäre der Anbau mit Blick auf die

Erweiterung der Fruchtfolgen und der Erhöhung der Artenvielfalt positiv. Der traditionelle Anbau von Färberpflanzen ist sehr arbeitsintensiv, mechanische Verfahren fehlen weitgehend.

Die **Einsatzmöglichkeiten** und der **Markt für Färberpflanzen** sind **begrenzt**. Die mit Anbau und Verwertung von Färberpflanzen verbundenen Potenziale bezüglich Umwelt- und Ressourcenschutz sollten nicht überbewertet werden. Beispielsweise im Vergleich zu Energiepflanzen werden diese Potenziale immer gering bleiben. Färberpflanzen werden in den kommenden Jahren wohl kaum auf mehrere 1.000 ha wachsen, aber die Wertschöpfungspotenziale für die heimische Landwirtschaft sind ähnlich interessant, wie die der Arznei- und Gewürzpflanzen.

**Fördermaßnahmen** sind eher punktuell zu gestalten und zwar dort, wo eine Firma identifiziert werden kann, die ein konkretes Interesse bzw. eine Produktidee hat, diese aber ohne Förderkomponente nicht realisieren kann. Fraglich ist allerdings auch der Effekt punktueller Maßnahmen. Eine Förderung sollte nur dann erwogen werden, wenn damit bestimmte Ziele mit einem vertretbaren Aufwand- und Ertragsverhältnis erreicht werden können.

## 4 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Adam, Lothar: Färberpflanzen – Anbau und industrielle Textileinfärbung.  
Tagungsband Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie, 2003
- Fischer, Hermann: Farben und Lacke aus nachwachsenden Rohstoffen.  
Tagungsband Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie, 2003
- FNR: Färberpflanzen, 1997, 1999, 2001, 2004
- Institut für Lacke und Farben Magdeburg: Machbarkeitsstudie zum Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in der Lackindustrie. FNR-Schriftenreihe Bd. 16, Münster 2000
- Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (Hrsg.): Tagungsband zum Symposium Naturfarben – Chancen für Produktinnovationen, Potsdam 2001
- Stolte, H.: Umsetzungsorientierte Forschung und Entwicklung zu pflanzlichen Farbpigmenten im Rahmen des Bundesprogramms Nachwachsende Rohstoffe. Dokumentation des 4. Forum Färberpflanzen, 2004
- Tosques, Alexander: Ökodruckfarben ([www.hdm-stuttgart.de/printing-green](http://www.hdm-stuttgart.de/printing-green))
- Verband der deutschen Lackindustrie e. V.: Jahresbericht 2003/2004, Frankfurt 2004
- Verband der Druckfarbenindustrie: Merkblatt – Nachwachsende Rohstoffe für die Druckfarbenindustrie. Frankfurt 2002

### **Websites**

[www.auro.de](http://www.auro.de)

[www.enav.org](http://www.enav.org)

[www.knr-muenster.de](http://www.knr-muenster.de)

[www.lackindustrie.de](http://www.lackindustrie.de)

[www.lacke-und-farben.de](http://www.lacke-und-farben.de)

[www.livos.de](http://www.livos.de)

[www.nachwachsende-rohstoffe.de](http://www.nachwachsende-rohstoffe.de)

[www.spindigo.net](http://www.spindigo.net)

[www.vdmi.de](http://www.vdmi.de)

### **Einbezogene Unternehmen, Verbände und Institutionen**

Deutsche Amphibolin-Werke – DAW (Hersteller L+F)

Flint-Schmidt (Hersteller Druckfarben)

Verband der deutschen Lackindustrie e. V.

Verband der Druckfarbenindustrie e. V.

Worlée Chemie GmbH (Hersteller Bindemittel und Additive)

# Pharma und Kosmetik

Norbert Schmitz

Elmar Kroth

Barbara Steinhoff

Birgit Grohs \*

---

\* Dr. Norbert Schmitz; meó Consulting Team, Weissenburgstr. 53, 50670 Köln,  
[www.meo-consulting.com](http://www.meo-consulting.com)

Dr. Elmar Kroth und Dr. Birgit Grohs; Forschungsvereinigung der Arzneimittel-  
Hersteller e. V. (FAH)

Dr. Barbara Steinhoff; Bundesverband der Arzneimittel-Hersteller e. V. (BAH)  
Ansprechpartner/corresponding author: Dr. Norbert Schmitz

Danken möchten wir den Mitgliedsunternehmen des BAH und der FAH, die das  
Vorhaben aktiv unterstützt haben, und Herrn Prof. Dr. Ulrich Bomme, Bayerische  
Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzen-  
züchtung, Freising, für die kritische Durchsicht des Manuskripts.



---

# Inhalt

|  |            |
|--|------------|
| <b>Pharma und Kosmetik .....</b>             | <b>333</b> |
| <b>Abbildungen.....</b>                      | <b>336</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                       | 337        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....     | 341        |
| 3 Analyse des Marktes.....                   | 345        |
| 3.1 Nachfrage.....                           | 345        |
| 3.2 Angebot von Arzneipflanzen .....         | 354        |
| 3.3 Wettbewerbsdynamik.....                  | 360        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen ..... | 364        |
| 5 Quellenverzeichnis .....                   | 365        |



## Abbildungen

|  |     |
|--|-----|
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Arzneipflanzen.....                                    | 339 |
| Übersicht Arzneipflanzenmarkt .....  | 340 |
| Wertschöpfungskette Arzneipflanzen .....   | 342 |
| Verwendung von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland .....                                       | 344 |
| Verwendung von Arzneipflanzen in Teilmärkten.....  | 346 |
| Deutscher Arzneimittelmarkt (zu Endverbraucherpreisen 2003).....                                     | 347 |
| Anteil von Phytopharmaka an rezeptfreien Arzneimitteln.....  | 347 |
| Kosmetikmarkt in Deutschland .....   | 351 |
| Nachfrage nach den wichtigsten in Deutschland angebauten<br>Arzneipflanzen .....                     | 353 |
| Prognose der Entwicklung des Absatzmarktes für<br>Arzneipflanzen in Deutschland bis 2020 .....       | 354 |
| Ertrags- und Preisspannen der wichtigsten Arzneipflanzen .....                                       | 355 |
| Klassifikation der 2003 angebauten Arten nach Anbauumfang .....                                      | 356 |
| Kalkulation für Pfefferminze und Kamille.....  | 357 |
| Position der deutschen Arzneipflanzen im Markt.....  | 359 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken<br>der Arzneipflanzenproduktion in Deutschland ..... | 361 |
| Wettbewerbsdynamik im deutschen Arzneipflanzenmarkt .....  | 363 |

## 1 Zusammenfassung

Der **Markt für Arzneipflanzen** ist klein, nicht unmittelbar subventioniert und weist hohe Wachstumsraten auf. Arzneipflanzen können für **Phytopharmaka im Humanbereich und im Veterinärwesen** sowie im **kosmetischen Markt** und im **Health Food-Markt** verwendet werden. Darüber hinaus werden sehr geringe Mengen im homöopathischen Markt eingesetzt. Phytopharmaka nutzen die pharmakologisch wirksamen Bestandteile von Pflanzen oder Pflanzenteilen.

Deutschland ist der mit Abstand wichtigste Markt für Phytopharmaka in der EU. Phytopharmaka werden überwiegend von mittelständischen Unternehmen hergestellt. **Wachsender Wettbewerbsdruck** wird sich in einer **Konsolidierung der Branche** niederschlagen. Neben den pflanzlichen Wirkstoffen werden auch zahlreiche Hilfsstoffe auf Basis von Nahrung in der Pharma- und Kosmetikindustrie eingesetzt. Oftmals handelt es sich dabei um Zwischenprodukte aus der chemischen Industrie oder um mengen- wie wertmäßig wenig bedeutende Produkte.

Der Gesamtmarkt für Arzneipflanzen wird derzeit auf ca. 70 Mio. € p. a. geschätzt. Dies entspricht einem Volumen von rund 22.000 t Arzneipflanzen. Der Markt für Phytopharmaka für Humananwendungen ist der mit Abstand größte, gefolgt von Health Food und Kosmetik. Der Markt für Veterinäranwendungen ist erst im Entstehen. Der **Gesamtmarkt** ist **sehr volatil**, sowohl hinsichtlich der Preise wie der nachgefragten Nahrungsmengen.

Die von der verarbeitenden Industrie verwendeten mengenmäßig relevanten Arzneipflanzen können zu einem erheblichen Anteil in Deutschland angebaut werden. Von den möglichen rund 100 Arten werden in Deutschland etwa 75 feldmäßig angebaut, 15 davon im größeren Umfang (u. a. Mariendistel, Johanniskraut und Kamille). Bei den meisten Arzneipflanzen ist der **Marktanteil der deutschen Landwirtschaft** aufgrund der hohen Produktionskosten, insbesondere Personal- und Energiekosten, jedoch sehr gering. Der deutsche Marktanteil liegt derzeit bei weniger als einem Fünftel. Die Importe stammen überwiegend aus Osteuropa und Übersee (Nordafrika, Asien, Lateinamerika). Die **Wettbewerbsposition der deutschen Erzeuger** verbessert sich mit zunehmendem Dokumentationsbedarf der Arzneimittelhersteller („Biografie der Pflanze“). Hemmend für den Arzneipflanzenanbau wirken gesetzliche Regularien, Defizite in Forschung und Entwicklung sowie unzureichen-

der Wissenstransfer aus der Forschung in die Praxis. Anbau und Vermarktung von Arzneipflanzen unterscheiden sich erheblich von der Situation bei etablierten Kulturen. Die Anbaufläche für Arzneipflanzen in Deutschland ist marginal, das **absolute Einkommenspotenzial gering**, die Wertschöpfung pro Hektar allerdings vergleichsweise hoch. Der hektarbezogene Arbeitseinsatz ist im Durchschnitt zehnfach höher als bei Getreide. Für Erzeuger besteht ein **hohes Produktionsrisiko**.

Der Markt für Arzneipflanzen wächst bis 2010 voraussichtlich um jährlich 11 % auf etwa 106 Mio. €. Bis 2020 wird ebenfalls ein **hohes Wachstum** erwartet. Positiv wirkt sich hierbei ein stärkeres Gesundheitsbewusstsein der Gesellschaft aus. Alle vier Absatzmärkte für Arzneipflanzen entwickeln sich jedoch unterschiedlich schnell. Das größte Wachstum wird bei Health Food mit jährlichen Wachstumsraten von 15 bis 20 % gesehen, während Human-Phytopharmaka und der Kosmetikmarkt moderate Wachstumsraten aufweisen werden. Bei entsprechenden rechtlichen Rahmenbedingungen wird das **größte Wachstumspotenzial bei Veterinär Anwendungen**, also Futterzusatzstoffen, bestehen.

| Kriterien  | Ausprägung im Markt für Arzneipflanzen   |
|--|--|
| Marktgröße in 2004 in D  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rund 70 Mio. €</li> <li>• Mehr als 21.750 t Arzneipflanzen</li> </ul>   |
| Marktwachstum  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchschnittliches Wachstum bis 2010: ca. 11 %</li> <li>• Starkes Wachstum (++) in der Phase 2010 bis 2020 erwartet</li> </ul>  |
| Absatz- und Einkommenspotenzial für dt. Land- u. Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Absolut betrachtet geringes Einkommenspotenzial</li> <li>• Höherer hektarbezogener Überschuss als bei Getreideanbau (Weizen) möglich</li> <li>• Höherer hektarbezogener Arbeitseinsatz (10fach zu Getreide)</li> </ul>  |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- u. Forstwirtschaft           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutscher Marktanteil liegt bei weniger als einem Fünftel, Importe aus Osteuropa und Übersee</li> <li>• Wettbewerbsfähigkeit durch hohe Energie- und Personalkosten stark beeinträchtigt; zunehmender Zwang zu Dokumentation (-Biografie der Pflanze-) eröffnet Chancen für deutsche Erzeuger</li> <li>• Wettbewerbsposition von Nawaro ist gut und wird durch Trends in der Gesellschaft weiter unterstützt</li> </ul> |
| F&E Defizite   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Züchterische Bearbeitung der Pflanzen (auch neue Produkte, neue Pflanzen)</li> <li>• Pflanzenschutz</li> <li>• Trocknung</li> </ul>   |
| Risiken  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Derzeit relativ hohes Produktionsrisiko für Erzeuger</li> <li>• Im Pharmamarkt Beeinflussung durch politischen Entscheidungen im Gesundheitswesen möglich</li> </ul>  |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arzneipflanzen fördern Biodiversität (Rund 100 Arzneipflanzen können in Deutschland angebaut werden. Derzeit werden 15 Pflanzen in nennenswertem Umfang angebaut)</li> <li>• Artenschutz durch Verringerung Wildsammlung</li> </ul>   |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Arzneipflanzen

|                     | Phytopharmaka<br>Humananwendungen   | Phytopharmaka<br>Veterinär Anwendungen  | Kosmetik***   | Health Food****   |
|---------------------|---|---|---|---|
| Marktgröße in 2004* | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50–55 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• derzeit nicht bedeutend</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10–15 Mio. €</li> </ul>  |
| Marktwachstum**     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• derzeit stagnierend</li> <li>• ab 2006 3–5 % p. a.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 5–7 Mio. €</li> <li>• 2020: 20 Mio. € (konservativ geschätzt)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5–8 % p. a.</li> <li>• 2010: 7,3 Mio. €</li> <li>• 2020 14 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 15 % p. a.; 29 Mio. €</li> <li>• 2010–2020: 20 % p. a.</li> <li>• 2020: 180 Mio. €</li> </ul>  |
| Treiber             | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Hohe Wertschätzung durch Verbraucher</li> <li>+ Trend zur »sanften Medizin«</li> <li>+ Erwartung der Nebenwirkungenarmut</li> <li>+ Demografische Entwicklung</li> <li>+ Verstärkter Absatz deutscher Phytopharmaka im Ausland</li> <li>+ Preisliche Positionierung (ca. ein Drittel des Preises von vergleichbaren chemisch definierten Produkten)</li> <li>+ Trend zur Selbstmedikation</li> <li>- Aktuell: Wegfall der Erstattungsfähigkeit</li> <li>- Steigende regulatorische Anforderungen</li> <li>- Wegfall von Forschungseinrichtungen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Größtes Wachstumspotential in den Bereichen Phytopharmaka und Futterzusatzstoffe</li> <li>+ Antibiotika als Leistungsförderer ab Ende 2005 in Deutschland nicht mehr zulässig</li> <li>+ Nachfrage nach Arzneipflanzen mit antibakterieller Wirkung als Futterzusatzstoffe birgt großes Potenzial</li> <li>+ Chance auf Kostensenkung in der Tierproduktion</li> <li>+ Stark wachsende Freizeit-Tierhaltung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Trend zu »grünen« Produkten, Bioprodukten</li> <li>+ Trend: Gesundheit, Schönheit, Fitness</li> <li>+ Stark wachsendes Marktsegment »Männer«</li> <li>+ Demografische Entwicklung (»Anti Aging«-Kosmetik)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Höheres Gesundheits- und Wellnessbewusstsein hat wachsende Wertigkeit bei wachsender Zielgruppe</li> <li>+ Wachsender Leistungsdruck in der Gesellschaft</li> <li>+ Reduzierung altersbedingter Wirkungen auf Fitness und Aussehen</li> <li>+ Relativ hohe Budgets bei einkommensstarken Bevölkerungsschichten</li> <li>+ Markterschließung durch große international tätige Konzerne</li> </ul> |

\* Marktgröße bezogen auf den Absatz von Arzneipflanzen; \*\* Inflationsbereinigt

\*\*\* Hier handelt es sich um den Absatz von Arzneipflanzen im gesamten Kosmetikmarkt (nicht nur Naturkosmetik)

\*\*\*\* Keine klassische Nawa-ro-Anwendung, wegen der Bedeutung für den Arzneipflanzenanbau insgesamt aufgeführt

Abbildung: Übersicht Arzneipflanzenmarkt

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Der Anbau von **Arzneipflanzen für pharmazeutische Zwecke** dominiert heute den Arznei- und Gewürzpflanzenanbau in Deutschland. Die relative Bedeutung des **Gewürzpflanzenanbaus** ist in Deutschland in den letzten Jahrzehnten deutlich zurückgegangen. In den 50er Jahren betrug der Anteil des Gewürzpflanzenanbaus noch 75 % der für den Arznei- und Gewürzpflanzenanbau in Anspruch genommenen Fläche, heute ist er auf etwas mehr als ein Drittel geschrumpft. Verwendungen im Kosmetikbereich nehmen nur einen kleinen Anteil ein, weisen aber ein hohes Wachstum auf. In Statistiken und Publikationen werden Arznei- und Gewürzpflanzen meist gemeinsam aufgeführt, eine Abgrenzung ist daher nicht ganz leicht.

Pflanzliche Arzneimittel (Phytopharmaka) enthalten im Unterschied zu chemisch-synthetischen Arzneimitteln pharmazeutisch bearbeitete Zubereitungen aus Pflanzen. Sie werden in den üblichen Arzneiformen wie Tropfen, Tabletten, Dragees angeboten, aber auch in Form des klassischen Tees. Grundsätzlich gelten nach dem **Arzneimittelgesetz (AMG)** für Phytopharmaka die selben Anforderungen wie für chemisch-synthetische Arzneimittel, wobei **Wirksamkeit, Unbedenklichkeit und Qualität** belegt sein müssen. Für die Zulassung sind diesbezüglich gesicherte Daten erforderlich. Bei den meisten Arzneipflanzen sind die eigentlichen wirksamkeitsbestimmenden Inhaltsstoffe nicht bekannt. Man hat zwar relativ genaue Kenntnisse über die Wirkung und die Wirksamkeit von Arzneipflanzen und ihrer Zubereitungen, weiß aber in vielen Fällen nicht exakt, welche Inhaltsstoffe oder Inhaltsstoffgruppen letztendlich konkret für die pharmakologische Wirkung und die therapeutische Wirksamkeit verantwortlich sind.

Von Relevanz für den Anbau von Arzneipflanzen sind praktisch ausschließlich die **positiv monografierten Drogen**. Dies sind solche Arzneipflanzen, bei denen der wissenschaftlich erwiesene Nutzen größer ist als die eventuellen Risiken. Pflanzliche Drogen sind durch Trocknen in einen lagerfähigen Zustand überführte Pflanzen und Pflanzenteile. Man unterscheidet Kraut-, Blatt-, Blüten-, Rinden- und Wurzeldrogen.

Neben der Dokumentation von Wirksamkeit und Unbedenklichkeit ist vom pharmazeutischen Unternehmen als Voraussetzung für das **behördliche Zulassungsverfahren** beim Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) die pharmazeutische Qualität des Arznei-

mittels zu belegen. Dabei sind die Anforderungen des **Arzneibuches**, der **Arzneimittel-Prüfrichtlinien** sowie der „**Guten Herstellungspraxis**“ (**GMP**) zu berücksichtigen. Für pflanzliche Arzneimittel als Produkte aus Rohmaterialien natürlichen Ursprungs sind zusätzlich besondere Reinheitskriterien zu beachten, die über die drogenspezifischen Qualitätsanforderungen der jeweiligen Arzneibuchmonografie hinausgehen. Zu nennen sind hier die Prüfungen auf mikrobiologische Reinheit, Schwermetalle, Aflatoxine, Pflanzenschutzmittelrückstände und ggf. auf Ethylenoxid und Radioaktivität.

**Standardisierung** bzw. Normierung des pflanzlichen Extraktes sind Kriterien für die Sicherstellung der Quantität des wirksamen Bestandteiles. Nach dem deutschen Arzneibuch werden Extrakte durch Mazeration oder Perkolation oder in begründeten Fällen durch andere geeignete Methoden unter Verwendung eines geeigneten Lösungsmittels hergestellt. Aus dem nativen Extrakt werden durch Zugabe von Hilfsstoffen Extraktzubereitungen gewonnen.

Das **Droge-Extrakt-Verhältnis** ist das Verhältnis der Menge der eingesetzten Droge zur Menge des enthaltenen Extrakts. Die Dosierung stellt auf die Menge an Droge ab, die aufgrund wissenschaftlicher Daten als wirksam beurteilt worden ist.

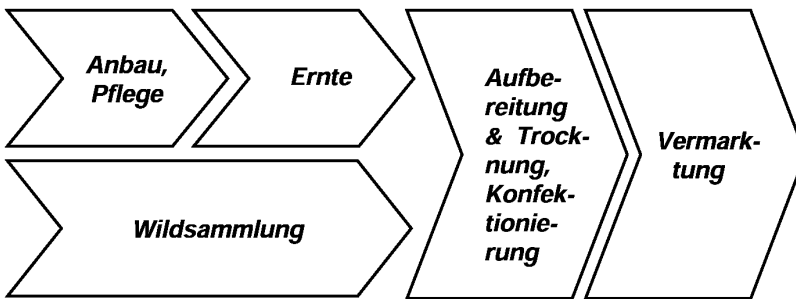


Abbildung: Wertschöpfungskette Arzneipflanzen

Die **Wildsammlung** wird zunehmend durch **Inkulturnahme** von Arzneipflanzen ersetzt. Der Bezug aus Wildsammlungen spielt nur noch eine ergänzende Rolle und konzentriert sich in erster Linie auf solche

Pflanzen, die bislang nicht oder noch nicht in Kultur genommen wurden (z. B. Weidenröschen, Birkenblätter, Lindenblüten, Misteln, Weißdorn, Schlehen). In Deutschland sind rund 100 Arzneipflanzen anbaufähig. 15 Arten dominieren den derzeitigen Anbau. Der Anbau dieser Sonderkulturen in Deutschland ist z. T. klimatisch benachteiligt. Die angebauten Arten stellen sehr unterschiedliche Anforderungen an Standort, Anbau- und Erntetechnik, Aufbereitung und Trocknung. Arzneipflanzen unterscheiden sich aufgrund starker Ertrags- und Preisschwankungen sowie der spezifischen Ansprüche an die Verfahrensgestaltung bis hin zur Vermarktung deutlich von etablierten Fruchtarten.

Die eingesetzten **Arbeitsverfahren** variieren je nach Pflanzen- und Drogenart sehr stark. Da unterschiedliche Pflanzenorgane, wie Blüten, Wurzeln, Blätter oder Stiele für die Droge relevant sind, werden für die Ernte in der Regel spezielle Maschinen benötigt. Dabei handelt es sich oft um Prototypen oder selbst umgebaute Geräte, die teilweise nur für eine Pflanzen- oder Drogenart verwendbar sind. Selbst bei der Ernte gängiger Pflanzenorgane müssen die hierfür eingesetzten Geräte an die Formenvielfalt und Heterogenität der verschiedenen Arten angepasst werden. Bei vielen Kulturen erfolgt die Ernte aufgrund des geringen Anbauumfangs noch per Hand. Generell besteht ein hoher Handarbeitsaufwand bei Pflanzung, Pflege, Ernte und Aufbereitung.

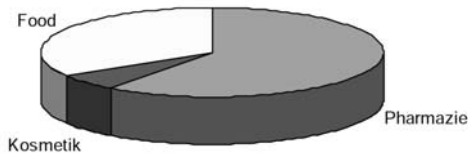
**Erkrankungen** (z. B. die Johanniskrautwelke) führen zu großen Ertragsausfällen. Dies erfordert die Entwicklung von Strategien zur Bekämpfung von Schaderregern (z. B. Resistenzzüchtung). Die Zulassung von **Pflanzenschutzmitteln** stellt ein weiteres Problem dar (Lückenindikation). Hersteller von Pflanzenschutzmitteln sind nur selten bereit, Zulassungsanträge für die Verwendung ihrer Produkte bei Arznei- und Gewürzpflanzen zu stellen, da dies mit erheblichem Aufwand und Kosten verbunden ist. Folge ist, dass viele Pflanzenschutzmittel nicht mehr für den Arzneipflanzenbereich zugelassen sind. Für die Erzeuger bedeutet dies zusätzliche Arbeit bei der mechanischen Unkrautbekämpfung.

Die **Aufbereitung**, d. h. Reinigung und Zerkleinerung, des Ernteguts hängt stark von der einzelnen Pflanzenart und den spezifischen Qualitätsansprüchen des Abnehmers ab. Die **Trocknung** erfolgt bei Pflanzenarten, bei denen ein Mindestgehalt an ätherischen Ölen vorgeschrieben ist, bei niedrigen Temperaturen von 40 bis 50 °C. Ansonsten kann auch bei Temperaturen von 110 °C und mehr getrocknet werden. Die Trocknung stellt einen besonders kritischen Verarbeitungsschritt dar, sowohl



hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit als auch der Qualität. Die Energiekosten für die Trocknung stellen einen erheblichen Teil der Gesamtkosten der Produktion von Drogen dar. In qualitativer Hinsicht kann durch eine Optimierung des Trocknungsverlaufs hinsichtlich Dauer, Schonung, Standardisierung und Vermeidung von Schimmelpilzbildung (z. B. Aflatoxin) das Produkt deutlich verbessert werden. Die **Entkeimung** stellt einen weiteren Bereich dar, der Optimierungspotenzial aufweist. Teilweise werden sehr hohe Anforderungen an die mikrobiologische Reinheit der Rohstoffe gestellt.

Wegen der Vielzahl von Arten mit unterschiedlichsten Ansprüchen hinsichtlich Standort, Anbautechnik, Aufbereitung, Trocknung und den hohen Qualitätsanforderungen einerseits sowie der teilweise erheblichen Nachfrageschwankungen andererseits stellt der Anbau dieser Kulturen für die Landwirte ein hohes **Produktionsrisiko** dar. Absolut betrachtet stellt er nur ein geringes Einkommenspotenzial dar. Er bietet aber die Chance auf sehr **hohe Deckungsbeiträge** bei geringer Flächeninanspruchnahme.



*Abbildung: Verwendung von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland. (Da Gewürzpflanzen in den Statistiken gemeinsam mit Arzneipflanzen aufgeführt werden, ist eine Trennung hier nicht möglich.)*

### 3 Analyse des Marktes

#### 3.1 Nachfrage

##### 3.1.1 Gesamtnachfrage und Marktsegmente

Im Wesentlichen finden Arzneipflanzen Verwendung in vier Märkten. Drei Viertel der nachgefragten Arzneipflanzen werden für die Herstellung von **Phytopharmaka im Humanbereich** verwendet. Dies ist auch der traditionelle Einsatzbereich für Arzneipflanzen. So beinhaltet die „Rote Liste“ (Kompendium der Fertigarzneimittel) 120 Produkte mit dem Wirkstoff Kamille, knapp 140 mit Johanniskraut und 80 mit dem Wirkstoff der Mariendistel. In dieser Liste sind allerdings nicht alle in Deutschland vertriebenen Phytopharmaka aufgeführt.

Der zweitwichtigste Absatzmarkt ist der Markt für **Health Food**. Dieser Markt ist relativ jung und wächst sehr stark. Heute werden knapp ein Fünftel aller in Deutschland verwendeten Arzneipflanzen in diesem Markt abgesetzt. Verwendungen im Health Food-Markt stellen aus Nawaro-Sicht kein prioritäres Forschungsfeld dar, sie spielen aber wegen des beträchtlichen Marktwachstums eine wichtige Rolle für die weitere Entwicklung des Arzneipflanzenanbaus in Deutschland. Gewürzpflanzen, die im Lebensmittelsektor eingesetzt werden, stellen keine förderfähige Anwendung dar (Foodbereich) und werden hier nicht näher betrachtet. Zudem stagniert der Markt.

Nur 7 % der Arzneipflanzen finden bislang in der **kosmetischen Industrie** Verwendung. Allerdings zeigt die Nachfrage in diesem Markt auch ein großes Wachstum. Die steigende Nachfrage ist auf veränderte Kundenpräferenzen zurückzuführen, auf die die kosmetische Industrie verstärkt mit dem Angebot „grüner“ Produkte reagiert.

Die Anwendung von Phytopharmaka im **Veterinärwesen** ist ein Zukunftsmarkt, der sich ab 2006 aufgrund veränderter gesetzlicher Rahmenbedingungen entwickeln soll. Heute ist der Markt noch unbedeutend. Ab 1. Januar 2006 sind die letzten vier noch zugelassenen Antibiotika als Leistungsförderer in der konventionellen Tierzucht EU-weit verboten. Antibiotika darf ab diesem Zeitpunkt ausschließlich therapeutisch eingesetzt werden. Als Alternative bietet sich der Einsatz von Arznei- und Gewürzpflanzen an. Die Phytotherapie wird seit einigen Jahren auch zunehmend in der Tiermedizin eingesetzt.

Die Verwendungen von Arzneipflanzen im **homöopathischen Markt** werden wegen der marginalen Mengenrelevanz nicht betrachtet.

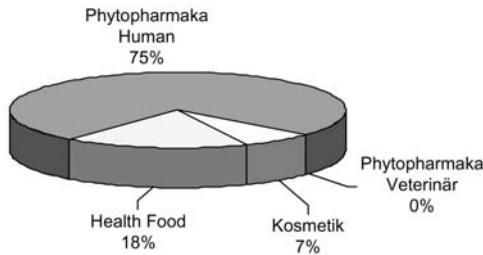


Abbildung: Verwendung von Arzneipflanzen in Teilmärkten

### 3.1.2 Phytopharmaka im Humanbereich

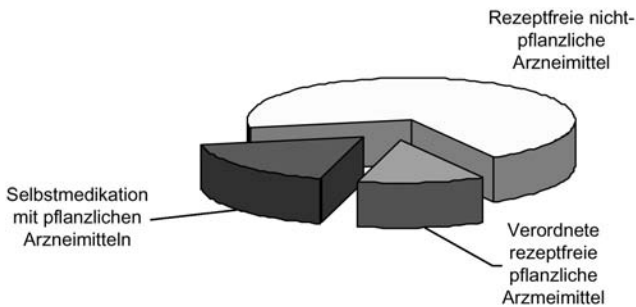
Im Jahr 2003 erreichte der deutsche **Arzneimittelmarkt** ein Absatzvolumen von 34,1 Mrd. €, das waren 7 % mehr als im Vorjahr. Rezeptpflichtige Arzneimittel machen mit 79 % knapp vier Fünftel des Marktes aus. Das **Wachstum** in diesem Marktsegment ist mit 9 % im Vergleich zum Vorjahr überdurchschnittlich hoch. Chemisch-synthetische Produkte dominieren hier. Der zweitgrößte Anteil entfällt auf die Selbstmedikation mit rezeptfreien Arzneimitteln in der Apotheke (12 % des Gesamtmarktes). Dieses Marktsegment wächst nur leicht (+2 %). Verordnete rezeptfreie Arzneimittel nehmen 8 % des Marktes in Anspruch, die Selbstmedikation mit freiverkäuflichen Arzneimitteln aus Drogerie- und Verbrauchermärkten erreicht einen Anteil von nur 1 %.

Phytopharmaka spielen insbesondere im Rahmen der **Selbstmedikation** eine große Rolle. Umsatzstarke Indikationsbereiche der Selbstmedikation mit pflanzlichen Arzneimitteln sind beispielsweise Husten- und Erkältungsmittel, Magen- und Verdauungspräparate, Herz- und Kreislaufmittel, Beruhigungs- und Schlafmittel sowie pflanzliche Tonika und Geriatrika. Phytopharmaka haben einen Anteil von knapp 31 % am Markt der rezeptfreien Arzneimittel, dies entspricht einem Absatzvolumen von 2,1 Mrd. € im Jahr 2003. Das Marktsegment verordnete rezept-



Quelle: BAH

Abbildung: Deutscher Arzneimittelmarkt (zu Endverbraucherpreisen 2003)



Quelle: BAH

Abbildung: Anteil von Phytopharmaka an rezeptfreien Arzneimitteln

freie pflanzliche Arzneimittel hat 2003 um 5 %, das der Selbstmedikation um 2 % zugelegt.

Europa ist weltweit der größte Markt für Phytopharmaka, das stärkste Wachstum zeigt jedoch der US-Markt, gefolgt von Asien (hier insbesondere Japan). Der **europäische Markt** für Phytopharmaka wird auf mehr als 4 Mrd. € geschätzt. Deutschland stellt derzeit den größten Markt für

Phytopharmaka in der EU dar (etwa die Hälfte des gesamten Marktes), Frankreich belegt Platz zwei (knapp ein Drittel).

Phytopharmaka erfreuen sich wachsender Beliebtheit in der Bevölkerung im Zuge einer verstärkten **Hinwendung zu natürlichen Produkten** im Rahmen einer bewussten und gesunden Lebensführung. Begünstigt wird dies auch durch die Furcht vor möglichen Nebenwirkungen chemischer Arzneimittel. Der Anteil der Verwender von Naturheilmitteln hat sich zwischen 1970 und 2002 von 14 % auf 34 % der Bevölkerung mehr als verdoppelt. Für die Zukunft wird lt. einer Allensbach-Studie aufgrund der gesellschaftlich verankerten Einstellungen eine weitere starke Zunahme der Verwendung erwartet. Der Trend zur Selbstmedikation mit Naturheilmitteln bei Befindlichkeitsstörungen und leichteren Erkrankungen sowie zur Vorbeugung ist anhaltend.

Dieser Wachstumstrend wurde 2004 und 2005 aufgrund gesetzlicher Änderungen (GMG Gesundheitssystem-Modernisierungsgesetz; Ausgrenzung aller rezeptfreien Medikamente aus der Erstattung durch die gesetzliche Krankenkassen) unterbrochen. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass sich der positive Grundtrend danach wieder durchsetzt.

**Rund 200 Unternehmen** stellen in Deutschland Phytopharmaka für Menschen her, im Phytopharmakamarkt für den Veterinärbereich sind bislang nur einige wenige Unternehmen engagiert. Die meisten Anbieter von Phytopharmaka sind **Mittelständler**. Sie beschäftigen oft 100 bis 300 Mitarbeiter. Die Wettbewerbsintensität im Markt für Phytopharmaka ist hoch. Sehr viele Produkte werden von vielen Herstellern angeboten. Eine Produktdifferenzierung kann meist nur über die Marke erfolgen. Zudem bieten große Generikahersteller pflanzliche Produkte in wirtschaftlich interessanten Nischenmärkten an. Die Marktanteile der einzelnen Anbieter sind meist nur gering.

Eine wachsende Anzahl von Anbietern konzentriert sich auf Marketing und Produktentwicklung und lagert die Produktion an Lohnhersteller aus. Das **Outsourcing** soll zu Kostenreduzierungen beitragen. Ein Konzentrationsprozess ist derzeit im Gange: Viele Unternehmen verstärken Kooperationen oder fusionieren. Aktuell ist auch ein verstärktes Engagement von branchenfremden Unternehmen (Finanzinvestoren) festzustellen, die die anstehenden Restrukturierungen und Konsolidierungen beschleunigen werden.

Als Folge des Konzentrationsprozess wird die **Zahl der Hersteller von Phytopharmaka schrumpfen**. Damit sinkt auch die Zahl der Abnehmer von Arzneipflanzen, was sich in einer Verbesserung der Beschaffungsposition der Abnehmer und in einer Verschlechterung der Absatzposition der Landwirte niederschlagen wird.

**Bestehende Regularien (GMP)** sowie die Arzneimittelzulassung wirken wie Markteintrittsbarrieren, insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen. Gesetzliche Rahmenbedingungen erfordern zudem spezielle Unternehmensstrukturen – die Zulassungsabteilung ist das „Herzstück“ des Unternehmens – sowie einen hohen Aufwand, z. B. in Hinblick auf die Analytik. Die Bestandswahrung von bestehenden Produkten etwa durch behördliche Forderungen nach zusätzlichen Daten (z. B. Toxikologie) verursacht Kosten und blockiert Ressourcen im Unternehmen. Die **klinische Forschung** ist bei mittelständischen Unternehmen heute kaum noch darstellbar. Damit ist die Innovationsfähigkeit nicht mehr gegeben. Zudem ist der Kapitalbedarf bei der Produktentwicklung wegen der Kosten für die europäische Zulassung und die klinische Prüfung extrem hoch. Neuprodukte erfordern einen hohen Marketing- bzw. Vertriebsaufwand bei der Markteinführung.

Die **Dokumentation der Pflanzenherkunft** („Biografie der Pflanze“) wird für die Hersteller von Phytopharmaka aufgrund restriktiverer Gesetze und Verordnungen immer wichtiger. Dies bietet heimischen Anbauern von Arzneipflanzen interessante Zukunftsperspektiven. Von dieser Entwicklung dürfte insbesondere der heimische Vertragsanbau stark profitieren. Die Wettbewerbsposition deutscher Arzneipflanzen verbessert sich im Vergleich zur Importware.

### 3.1.3 Phytopharmaka im Veterinärwesen

Große Potenziale werden im Phytopharmaka-Markt für Veterinär Anwendungen gesehen. Eine wachsende Nachfrage nach Arzneipflanzen mit antibakterieller Wirkung wird nach dem Verbot von Antibiotika als Leistungsförderer erwartet. Das neue Gesetz ist am 1.1.2006 in Kraft getreten. Derzeit ist dieser Markt allerdings faktisch nicht existent. Wesentlicher Treiber ist der politische Wille, Antibiotika in der Tierzucht durch natürliche Produkte zu ersetzen.

Phytotherapeutika werden als **Arzneimittel** sowie als **Futterzusatzstoff** eingesetzt. Als Arzneimittel unterliegen sie dem Arzneimittelgesetz

(AMG), dienen der Heilung und Linderung von Krankheiten und sind auf Wirksamkeit, Unbedenklichkeit und pharmazeutische Qualität geprüft. Als Futtermittelzusatzstoffe unterliegen sie dem Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFMG), dienen dem Schutz und Erhalt der Gesundheit, beeinflussen die Futtermittel sowie die tierischen Erzeugnisse positiv, tragen zur Deckung des Ernährungsbedarfs der Tiere bei, beeinflussen die ökologischen Folgen der Tierproduktion positiv und sind unschädlich für die Umwelt sowie für die Gesundheit von Mensch und Tier.

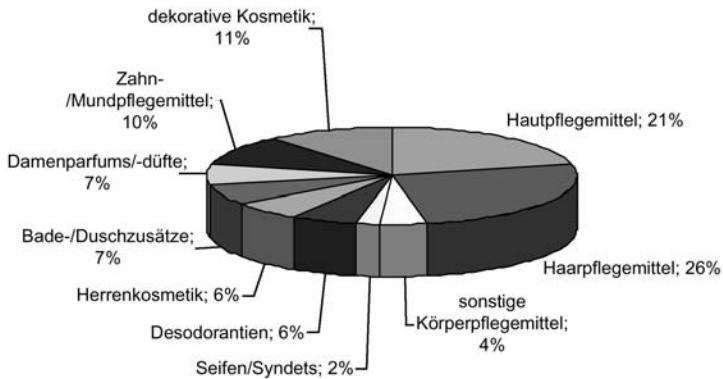
Diverse Forschungsarbeiten belegen, dass Arzneipflanzen in der Tierzucht **leistungsfördernd** wirken und die Gewichtszunahme bzw. die Futtermittelverwertung positiv beeinflussen können. Eine signifikant positive Beeinflussung geht bei Schweinen z. B. von Oregano, Ringelblume, Knoblauch und Thymian aus, bei Rindern von Mischungen aus Kamille, Bockshornklee, Fenchel, Pfefferminze, Salbei, Thymian, Brennessel und Stiefmütterchen.

Die **Nachfrageentwicklung** in diesem Marktsegment wird durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen, die aufwändige und langjährige Untersuchungen und Zulassungsverfahren erfordern, **gehemmt**.

### 3.1.4 Kosmetikmarkt

Die **europäische Kosmetikindustrie** ist **weltweit führend**. Sie erreicht einen Umsatz von rund 55 Mrd. € und ist damit doppelt so groß wie die japanische und um ein Drittel größer als die US-amerikanische. Das durchschnittliche Wachstum liegt bei 3 bis 4 % p. a. Rund 150.000 Mitarbeiter sind direkt in der Kosmetikindustrie beschäftigt. Der deutsche Kosmetikmarkt hat ein Volumen von 11 Mrd. € (im Jahr 2002, zu Endverbraucherpreisen). Die wichtigsten Segmente des Marktes sind Haar- (ein Viertel des Gesamtmarktes) und Hautpflegemittel (ein Fünftel des Gesamtmarktes). Das Marktwachstum liegt unter dem EU-Durchschnitt.

**Pflanzliche Rohstoffe** stellen für die kosmetische Industrie wichtige Ausgangsstoffe dar, da Ölsaaten als Grundstoff Verwendung finden und Arzneipflanzen zum Aroma kosmetischer Produkte beitragen. Die Verwendung von Pflanzen nimmt aufgrund starker gesellschaftlicher Trends zu. Wesentliche Faktoren sind die Orientierung hin zu „grünen“ Produkten, eine wachsende Kosmetiknachfrage durch Männer, eine stark wachsende Nachfrage nach „Anti-Aging“-Kosmetik sowie das wachsende Gesundheits-, Schönheits- und Fitnessbewusstsein.



Quelle: FAH

Abbildung: Kosmetikmarkt in Deutschland

Im Kosmetikmarkt sind die **regulativen Rahmenbedingungen** nicht so restriktiv. Für Kosmetika ist keine Zulassung erforderlich, notwendig ist aber eine Anzeige der Rezepturen beim Bundesinstitut für Risikobewertung. Weiterhin gibt es eine einheitliche europäische Regelung bezüglich der Zusammensetzung von Kosmetika (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients).

Im Vergleich zur pharmazeutischen Industrie zeichnet sich die **Produktentwicklung** in der kosmetischen Industrie durch kurze Entwicklungszeiten und geringere Kosten aus, jedoch weisen die Produkte oft einen kürzeren Produktlebenszyklus auf. Die kosmetische Industrie setzt eine Vielzahl von Pflanzenarten ein, die in Deutschland generell anbaubar sind. Die wichtigsten Pflanzen sind Kamille, Ringelblume, Pfefferminze, Zitronenmelisse, Johanniskraut, Arnika, Sanddorn, Weißdorn und Spitzwegerich. Besondere Fettsäuren aus unter einheimischen Bedingungen anbaubaren Ölpflanzen sind von geringer Bedeutung.



### 3.1.5 Entwicklung der Nachfrage

Die Gesamtnachfrage nach den wichtigsten in Deutschland anbaubaren Arzneipflanzen ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die mit Abstand wichtigste Arzneipflanze ist die Pfefferminze. Mit ihr wird ein Umsatz von über 20 Mio. € realisiert. Mit rund 11 Mio. € Umsatz liegt die Kamille an zweiter Position, gefolgt von Baldrian und Fenchel mit jeweils rund 7 Mio. €.

Der Markt für in Deutschland anbaubare Arzneipflanzen wächst von 70 Mio. € im Jahr 2004 auf 300 Mio. € im Jahr 2020 bei Zugrundelegung der oben dargestellten **Wachstumsprognosen**. Das Marktsegment Health Food erreicht bis 2020 ein geschätztes Absatzvolumen für Arzneipflanzen von knapp 180 Mio. €. Das Wachstum in diesem Marktsegment ist das mit Abstand größte. Die derzeitige Dynamik von 15 % Wachstum p. a. wird in der nächsten Dekade mit 20 % p. a. noch übertroffen. Das Marktsegment Human-Phytopharmaka wächst mit 3 bis 5 % p. a. moderat weiter und erreicht ein Marktvolumen von etwa 95 Mio. € im Jahr 2020. Das Marktsegment Kosmetik wächst von rund 5 Mio. € im Jahr 2004 mit durchschnittlichen Wachstumsraten von 6,5 % p. a. auf knapp 14 Mio. € im Jahr 2020. Das Marktsegment Veterinär-Phytopharmaka ist erst im Entstehen. Nach konservativer Schätzung kann es bis 2010 auf etwa 5 bis 7 Mio. € und bis 2020 auf etwa 20 Mio. € anwachsen; ggf. ist ein deutlich höheres Wachstum möglich.

| Arzneipflanze        | Gesamtnachfrage D in 2004*                      | Marktpreis D (€/kg in 2004)*                 | Marktgröße in 2004 in €  |
|----------------------|---|--|--------------------------|
| Pfefferminze         | • 7.000 t                                       | • 2,00–4,00                                  | • 21 Mio.                |
| Johannis-<br>kraut   | • 750 t   | • 1,50–4,00                                  | • 2,1 Mio.               |
| Baldrian             | • 2.000 t                                       | • 3,00–4,50                                  | • 7,5 Mio.               |
| Weißdorn             | • > 1.000 t                                     | • n. v.                                      | • n. v.                  |
| Kamille              | • 3.000 t                                       | • 3,00–4,50                                  | • 11,3 Mio.              |
| Knoblauch            | • große Menge                                   | • n. v.                                      | • n. v.                  |
| Zitronen-<br>melisse | • > 1.000 t                                     | • 2,50–4,50                                  | • > 3,5 Mio.             |
| Artischocke          | • 500 t   | • 2,00–3,00                                  | • 1,3 Mio.               |
| Fenchel              | • 3.000–5.000 t                                 | • 1,50–2,00                                  | • 7 Mio.                 |
| Sonnenhut            | • 500 – 700 t frisches Kraut<br>• 100 t Wurzeln | • 0,60 frisches Kraut<br>• 5,00–5,50 Wurzeln | • 0,4 Mio.<br>• 0,6 Mio. |
| Mariendistel         | • > 1.000 t                                     | • 1,00–1,50                                  | • >1,3 Mio.              |
| Spitz-<br>wegerich   | • 300 t   | • 1,00–2,00                                  | • 0,5 Mio.               |
| Thymian              | • 100–300 t                                     | • 4,00                                       | • 0,8 Mio.               |
| Brennnessel          | • 300 t   | • 2,20–3,00<br>• 3,50–5,00 (Okoware)         | • 0,2 Mio.<br>• 1 Mio.   |
| Sonstige             |   |  | • 11,5 Mio.              |
| <b>Summe</b>         | • > 21.750 t                                    |  | • > 70 Mio.              |

\* Quelle: Workshop mit Industrievertretern, Handel und Erzeugern

Abbildung: Nachfrage nach den wichtigsten in Deutschland angebauten Arzneipflanzen

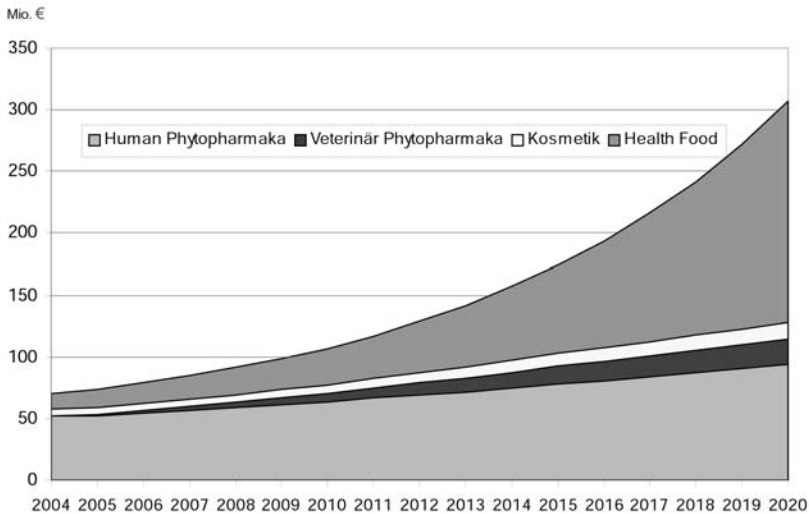


Abbildung: Prognose der Entwicklung des Absatzmarktes für Arzneipflanzen in Deutschland bis 2020

## 3.2 Angebot von Arzneipflanzen

### 3.2.1 Arzneipflanzenanbau in Deutschland

Rund **750 Betriebe** bauen in Deutschland auf weniger als 10.000 ha Fläche Arznei- und Gewürzpflanzen an. Die durchschnittliche Anbaufläche liegt dabei knapp unter 15 ha. Der Anbau ist mit landwirtschaftlichen oder gärtnerischen Kulturen aus fruchtfolgetechnischen Kulturen kombiniert. Die Anbaufläche ist in den zurückliegenden Jahren nicht ausgedehnt worden. Wachstumstendenzen sind derzeit nicht erkennbar. Im Jahr 2003 wurden etwa 9.000 ha für den Arznei- und Gewürzpflanzenanbau genutzt. Der Anbau konzentriert sich auf die Bundesländer **Thüringen** und **Bayern** mit etwa 50 % der Gesamtfläche. Weitere wichtige Anbauregionen sind Hessen und Niedersachsen mit einem Anteil von jeweils rund einem Zehntel an der Gesamtfläche. In den alten Bundesländern

erfolgt der Anbau meist in kleinbäuerlichen Strukturen, in den neuen Bundesländern dominiert der Anbau in großen Genossenschaften.

Auf mehr als neun Zehntel der Fläche erfolgt der Anbau **kontrolliert integriert**, auf der restlichen Fläche nach **ökologischen Prinzipien**. Der Anteil des ökologischen Anteils am Gesamtanbau nimmt zu. Knapp **50 verschiedene Arzneipflanzen** werden in Deutschland angebaut, die meisten von ihnen auf einer Fläche von wenigen Hektar. Nur bei etwa 15 Pflanzen übersteigt der Anbau eine Fläche von 100 ha. Kamille, Johanniskraut, Kümmel, Thymian, Fenchel und Mariendistel sind die wichtigsten Arzneipflanzen im deutschen Anbau (s. Abbildung S. 356).

### Ertrags- und Preisspannen

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ertrags- und Preisspannen für wichtige Arzneipflanzen aufgeführt. Die Preise für die einzelnen Arzneipflanzen schwanken sehr, entsprechend variieren auch die Erlöse pro Hektar und die erzielbaren Deckungsbeiträge. Die Deckungsbeiträge liegen zwischen -9.380 €/ha und 12.607 €/ha, wie in der nachfolgenden Tabelle aufgezeigt ist. Aus der Darstellung ist auch ersichtlich, dass die Trocknungskosten einen sehr großen Kostenblock darstellen. Sie bewegen sich oft in ähnlichen Größenordnungen wie die Gesamtkosten der Produktion, teilweise liegen die Trocknungskosten sogar noch deutlich höher.

|                 | Ertrag (kg/ha) |        | Preis €/kg |      | Erlös €/ha |        | Kosten Produktion |       | Kosten Aufb./Trock. |       | DB €/ha |        |
|-----------------|----------------|--------|------------|------|------------|--------|-------------------|-------|---------------------|-------|---------|--------|
|                 | niedrig        | hoch   | niedrig    | hoch | niedrig    | hoch   | niedrig           | hoch  | niedrig             | hoch  | niedrig | hoch   |
| Pfefferminze    | 2.500          | 4.500  | 1,80       | 3,60 | 4.500      | 16.200 | 2.213             | 2.437 | 1.380               | 2.482 | -419    | 12.607 |
| Baldrian        | 2.000          | 4.500  | 1,50       | 4,00 | 3.000      | 18.000 | 3.258             | 5.545 | 3.074               | 6.835 | -9.380  | 11.668 |
| Kamille         | 300            | 900    | 1,50       | 3,00 | 450        | 2.700  | 509               | 1.099 | 130                 | 390   | -1.039  | 2.061  |
| Thymian*        | 8.200          | 11.400 | 0,75       | 1,50 | 6.150      | 17.100 | 1.556             | 3.943 | 6.644               | 9.231 | -7.024  | 8.900  |
| Zitronenmelisse | 1.950          | 4.050  | 1,80       | 3,60 | 3.510      | 14.580 | 3.203             | 6.164 | 769                 | 1.657 | -4.311  | 10.608 |
| Fenchel         | 600            | 1.800  | 0,80       | 1,60 | 480        | 2.880  | 400               | 564   | 178                 | 534   | -618    | 2.302  |

Quelle: Erstellt auf Basis von KTBL und Bomme 2002

Abbildung: Ertrags- und Preisspannen der wichtigsten Arzneipflanzen

|              |   |
|--------------|---|
| < 1 ha       | Löffelkraut, Gelbwurz, Eibisch, Bärlauch, Wegwarte, Tollkirsche, Mauerpfeffer, Große Klette, Goldmelisse, Schlehe, Ackerstiefmütterchen, Steinklee, Gänsefingerkraut, Frauenmantel, Zaubernuss, Wolfstrapp, Hirtentäschel, Meisterwurz, Berberitze, Herzsame, Huflattich, Geißbraute, Brunnenkresse, Kornblume, Bittersüßer Nachtschatten, Pfingstrose, Apfelminze, Schlüsselblume, Lavendel                          |
| 1–10 ha      | Weidenröschen, Silberblatt, Gartenpimpinelle, Bärwurz, Andorn, Alant, Gänseblümchen, Knoblauch, Beinwell, Weißdorn, Quecke, Drachenkopf, Malve, Wermut, Borretsch, Bibernelle, Schöllkraut, Mutterkraut, Amaranth, Dost, Gelber Enzian, Kresse, Schwarzer Rettich, Angelika, Estragon, Ysop, Schabziegerklee, Schwarzkümmel, Gundelrebe, Medizinalhabarber, Ginseng, Sauerampfer, Hanf, Löwenzahn, Rucola, Buchweizen |
| 11–100 ha    | Nachtkerze, Schafgarbe, Anis, Arnika, Federmohn, Grüner Hafer, Kapuzinerkresse, Waid, Brennessel, Ringelblume, Bohnenkraut, Artischocke, Arzneiweide, Salbei, Echte Goldrute, Melisse, Rotklee, Liebstock, Pestwurz, Spitzwegerich, Baldrian, Hagebutte, Oregano, Winterheckenzwiebel, Sonnenhut, Koriander, Wolliger Fingerhut.  |
| 101–500 ha   | Johanniskraut, Kümmel, Topinambur, Schnittsellerie, Thymian, Meerrettich, Basilikum, Holunder, Senf, Kerbel, (Mutterkorn), Fenchel, Sanddorn, Pfefferminze, Mariendistel  |
| 501–1.000 ha | Dill, Majoran, Schnittlauch, Diätlein, Kamille  |
| > 1.000 ha   | Petersilie  |

Quelle: Hoppe 2005

Abbildung: Klassifikation der 2003 angebauten Arten nach Anbauumfang

Aussagen zur **Wirtschaftlichkeit** des Arzneipflanzenanbaus sind schwierig aufgrund der Artenvielfalt, unterschiedlicher Verfahren, stark schwankender Erzeugerpreise und großer Ertragsspannen. In Workshops mit Vertretern von Erzeugern und Pharmavertretern wurden im Vergleich zu publizierten Daten teilweise deutlich höhere Preise für verschiedene Arzneipflanzen genannt.

| <b>Kosten &amp; Erlöse</b>                      | <b>Kamille KTBL</b>  | <b>Kamille Workshop</b> | <b>Pfefferminze KTBL</b> | <b>Pfefferminze Workshop</b> |
|---|----------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Ertrag kg/ha                                    | 300 - 900            | 440                     | 2.500 - 4.500            | 2.500                        |
| Erzeugerpreis /kg                               | 1,50 - 3,00          | 5                       | 1,80 - 3,60              | 4                            |
| <b>Erlös €/ha</b>                               | <b>450 - 2.700</b>   | <b>2.090</b>            | <b>4.500 - 16.200</b>    | <b>9.125</b>                 |
| <b>Kosten</b>                                   |                      |                         |                          |                              |
| Pacht, Hagelversicherung                        |                      | 300                     |                          | 300                          |
| Bodenbearbeitung, Saatbeetbereitung             |                      | 70                      |                          | 70                           |
| Saat-/ Pflanzgut, incl. Ausbringung             |                      | 125                     |                          | 600                          |
| Düngemittel, incl. Ausbringung                  |                      | 30                      |                          | 270                          |
| Pflanzenschutz, incl. Ausbringung               |                      | 130                     |                          | 130                          |
| Handhacke                                       |                      | 0                       |                          | 600                          |
| Beregnung                                       |                      | 0                       |                          | 150                          |
| Ernte, Transport                                |                      | 300                     |                          | 450                          |
| Saison-Arb.k.                                   |                      | 0                       |                          | 0                            |
| Zinsansatz Umlaufkapital (5 %)                  |                      | 30                      |                          | 130                          |
| <b>Variable Kosten Produktion</b>               | <b>809 - 1.399*</b>  | <b>985</b>              | <b>2.513 - 2.737*</b>    | <b>2.700</b>                 |
| Aufbereitung                                    |                      | 50                      |                          | 1.375                        |
| Trocknung, incl. Personal                       |                      | 608                     |                          | 3.250                        |
| Verpackung                                      |                      | 20                      |                          | 125                          |
| Zinsansatz Umlaufkapital (5 %)                  |                      | 5                       |                          | 60                           |
| <b>Variable Kosten Aufbereitung / Trocknung</b> | <b>130 - 390</b>     | <b>683</b>              | <b>1.380 - 2.482</b>     | <b>4.810</b>                 |
| <b>Deckungsbeitrag €/ha</b>                     | <b>- 189 - 1.211</b> | <b>422</b>              |                          | <b>1.615</b>                 |
| Fixkosten Produktion                            |                      | 0                       |                          | 0                            |
| Fixkosten Aufbereitung / Trocknung / Lagerung   |                      | 120                     |                          | 300                          |
| Management & Vertrieb                           |                      | 100                     |                          | 550                          |
| Fixkosten Gesamt                                |                      | <b>220</b>              |                          | <b>850</b>                   |
| <b>Ergebnis €/ ha</b>                           | <b>-534 - 461</b>    | <b>202</b>              | <b>-2.283 - 6.290</b>    | <b>765</b>                   |
| zuzüglich 300,- €/kg Flächenprämie              |                      | 300                     |                          | 300                          |

\*: KTBL-Angaben+300 € Pacht/Hagelversicherung wg. Vergleichbarkeit

Quelle: Kalkulation Workshopteilnehmer, KTBL

Abbildung: Kalkulation für Pfefferminze und Kamille

### 3.2.2 Importe

Bei den meisten Arzneipflanzen ist der **Marktanteil der deutschen Landwirtschaft** aufgrund hoher Produktionskosten, verursacht durch Lohn- und Energiekosten, niedrig. Im wichtigen Pfefferminzmarkt liegt der deutsche Marktanteil bei ca. 10 %, bei Kamille bei 15 %. Höhere Marktanteile zwischen 45 % und 70 % werden lediglich bei den umsatzmässig weniger relevanten Pflanzen Spitzwegerich, Sonnenhut, Artischoke und Johanniskraut erreicht. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Situation im Überblick.

Es ist davon auszugehen, dass der **Importdruck** in der Zukunft noch weiter wachsen wird. Insbesondere mittel- und südeuropäische Länder verschärfen die Wettbewerbsintensität.

**In Polen** ist eine Ausweitung der Inkulturnahme zu verzeichnen, es erfolgt aber nach wie vor auch Wildsammlung. Rund 20.000 Betriebe engagieren sich auf ca. 30.000 ha im Anbau. Rund 60 Arten werden angebaut. Die wichtigsten Kulturen sind Kümmel, Kamille, Baldrian, Pfefferminze, Thymian, Mariendistel und Salbei. Rohware aus dem Vertragsanbau wird vor allem nach Deutschland für den Pharma- und Kosmetikmarkt exportiert.

**In Ungarn** besteht eine lange Tradition im Anbau von Arzneipflanzen. Die Inkulturnahme hat erheblich zugenommen, die Wildsammlung spielt aber nach wie vor eine große Rolle. Rund 70 Arten werden auf einer Fläche von etwa 40.000 ha angebaut. Wichtige Kulturen sind: Senf, Mohn, Fenchel, Kümmel, Koriander und Mariendistel. Ca. 10.000 bis 15.000 t Drogen werden p. a. exportiert.

**In Tschechien** findet seit Mitte der 1990er Jahre eine Ausweitung von Anbau und Export von Arzneipflanzen statt.

**In Bulgarien** wird eine starke Expansion des Anbaus und der Wildsammlung erwartet. Bulgarien exportiert ca. 10 bis 15 Arten, u. a. Pfefferminze, Melisse und Johanniskraut. Deutschland ist für Bulgarien ein wichtiges Exportland. Die Ware wird meist unverarbeitet geliefert, sowohl an die Phytopharma- wie die Kosmetikindustrie.

Die Situation **in Rumänien** stellt sich ähnlich dar wie in Bulgarien. Eine starke Expansion des Anbaus und der Wildsammlung wird erwartet.

**Albanien** gilt als traditionelles Herkunftsland für wild gesammelte Drogen wie Crataegus, Herbstzeitlosensamen, Eisenkraut und Ruscus.

| Arzneipflanze   | Gesamtnachfrage D (in kg in 2004)        | Marktpreis D (€/kg in 2004)                  | Deutscher Marktanteil in 2004                  | (Theoretisches) Marktpotential für deutsche Landwirte                      |
|-----------------|--|--|--|--|
| Pfefferminze    | • 7.000 t                                | • 2,00–4,00 €/kg                             | • 10 %   | • 6.300 t<br>• 18,9 Mio. €   |
| Johanniskraut   | • 750 t                                  | • 1,50–4,00                                  | • 50 %   | • 375 t<br>• 1 Mio. €  |
| Baldrian        | • 2.000 t                                | • 3,00–4,50                                  | • 10 %   | • 1.800 t<br>• 6,8 Mio. €  |
| Weißdorn        | • > 1.000 t                              | • n. v.                                      | • 0 %  | • Bislang 0, da im Anbau wirtschaftlich nicht darstellbar                  |
| Kamille         | • 3.000 t                                | • 3,00–4,50                                  | • 15 %   | • 2.550 t<br>• 9,6 Mio. €  |
| Knoblauch       | • große Menge                            | • n. v.                                      | • 0 %  | • Starke Marktstellung der Chinesen. Kein Potential für deutsche Landwirte |
| Zitronenmelisse | • > 1.000 t                              | • 2,50–4,50                                  | • < 40 %                                       | • > 600 t<br>• > 2,1 Mio. €  |
| Artischocke     | • 500 t                                  | • 2,00–3,00                                  | • 48 %   | • 260 t<br>• 0,7 Mio. €  |
| Fenchel         | • 3.000–5.000 t                          | • 1,50–2,00                                  | • 10 %   | • 3.600 t<br>• 6,3 Mio. €  |
| Sonnenhut       | • 500–700 t fr. Kraut<br>• 100 t Wurzeln | • 0,60 frisches Kraut<br>• 5,00–5,50 Wurzeln | • 100 % frisches Kraut<br>• 45 % getr. Wurzeln | • 0<br>• 55 t / 0,3 Mio. €   |
| Mariendistel    | • > 1.000 t                              | • 1,00–1,50                                  | • < 20 %                                       | • > 800 t<br>• 1 Mio. €  |
| Spitzwegerich   | • 300 t                                  | • 1,00–2,00                                  | • 67 %   | • 100 t<br>• 0,2 Mio. €  |
| Thymian         | • 100–300 t                              | • 4,00                                       | • 35 %   | • 130 t<br>• 0,5 Mio. €  |
| Brennnessel     | • 300 t                                  | • 2,20 – 3,00<br>• 3,50 – 5,00 (Ökoware)     | • 10 %   | • 270 t<br>• 1 Mio. €  |
| Sonstige        |  |  | • 10 %   | • 10,35 Mio. €   |
|                 |  |  | <b>Gesamt</b>                                  | • > 16.785 t<br>• > 58,8 Mio. €  |

\* Quelle: Workshop mit Industrievertretern, Handel und Erzeugern

Abbildung: Position der deutschen Arzneipflanzen im Markt



### 3.2.3 Hilfsstoffe auf Basis von Nawaro

Neben Arzneipflanzen werden zahlreiche Hilfsstoffe auf Basis von Nawaro im Phytopharmaka- und Kosmetikmarkt eingesetzt. Die in der Pharma- und Kosmetikindustrie verwendeten Hilfsstoffe sind oft Zwischenprodukte der chemischen Industrie. Die für die Produktion erforderlichen Nawaro sind in der Chemie-Marktdarstellung weitgehend erfasst und wurden daher bei der Gesamtbetrachtung des Marktes nicht mehr berücksichtigt.

**Fette und Öle:** In der Vergangenheit spielten hier tierische Rohstoffe eine große Rolle. Nach BSE wurde weitgehend auf pflanzliche Rohstoffe umgestellt. Bei den Ölen dominieren heute Soja, Erdnuss und Raps, die überwiegend importiert werden. Vitamin E und Phytosterole werden als Kuppelprodukte von Ölen und Fetten verwendet. Borretsch- und Nachtkerzenöle werden für Human-Phytopharmaka eingesetzt.

**Ätherische Öle:** Zahlreiche Pflanzen kommen für die Gewinnung von ätherischen Öle in Betracht (z. B. Rose, Jasmin, Melisse, Angelika, Rosenholz, Weihrauch, Zedernholz). Die synthetische Herstellung von Essenzen ist ebenfalls möglich. Insgesamt haben natürliche ätherischen Öle nur eine sehr geringe Mengen- und Wertrelevanz für unsere Betrachtung.

**Zucker:** 2002/2003 wurden etwa 6.300 t Zucker in der pharmazeutischen Industrie verwendet. Dies entsprach 6 % der inländischen Verwendung von Zucker mit Produktionserstattung.

**Ethanol:** Im Kosmetik- und Pharmamarkt wurden in Deutschland etwa 40.000 bis 50.000 m<sup>3</sup> Ethanol abgesetzt. Sowohl Fermentations- wie Syntheseethanol finden in diesem Markt Verwendung. Ein beträchtlicher Teil des Ethanols wird aus Frankreich und den Benelux-Ländern importiert.

**Sonstige (Beispiele):** Außerdem kommen u. a. Lecithin als Wirkstoff und Lösungsvermittler, Glycerol aus pflanzlichen Quellen sowie pflanzliche Farbstoffe zum Einsatz.

### 3.3 Wettbewerbsdynamik

Bei einer zusammenfassenden Bewertung der Arzneipflanzenproduktion in Deutschland können die nachfolgend aufgeführten **Stärken** und **Schwächen** sowie die aus der Umweltanalyse resultierenden **Chancen** und **Risiken** abgeleitet werden.

| Stärken   | Schwächen  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Qualität und hoher Hygienestandard</li> <li>• Anbau erfordert keine Subventionen</li> <li>• Umweltgerechte Anbaumethoden</li> <li>• Kontrollierter Anbau als Alleinstellungsmerkmal</li> <li>• Versorgungssicherheit durch Vertragsanbau</li> <li>• Monitoring (-Biografie der Pflanze-) ist einfacher und kostengünstiger</li> <li>• Kurze Wege zwischen Produzent und Abnehmer</li> <li>• GAP ist leichter umsetzbar (Betriebsstruktur, Saatgut, Kulturführung, Erntetechnik, Verarbeitungstechnologie, Lagerung, Dokumentation)</li> <li>• Zusammenschluss von Erzeugern zu Erzeugergemeinschaften</li> <li>• Mentalität und Erfahrung</li> <li>• Gute Ausbildung und gute landwirtschaftliche Grundausrüstung</li> <li>• Koordinierte Fortbildungsaktivitäten</li> <li>• Angebotsstruktur (vom Klein- bis zum Großbetrieb alles vorhanden)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Produktionskosten (Energie- und Personalkosten)</li> <li>• Keine steuerliche Bevorzugung der Produktion (wie etwa in den Niederlanden)</li> <li>• Bearbeitungs- und Erntemaschinen technologisch nicht weiterentwickelt</li> <li>• Weitere Optimierung der Sorten erforderlich</li> <li>• Inkulturnahme von weiteren Arzneipflanzen ist zeit- und kostenintensiv (&gt; 6 Jahre)</li> <li>• Indikationslücken bei Pflanzenschutzmitteln. Nationale Pflanzenschutzgesetze (auch Entkeimungsmittel) benachteiligen deutsche Produzenten im Vergleich zu europäischen Wettbewerbern</li> <li>• Im Vergleich zu anderen landwirtschaftlichen Kulturen geringe wirtschaftliche Relevanz</li> <li>• Politisch wenig Einfluss</li> </ul> |
| Chancen   | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wachsende Märkte (D und zunehmendes Exportvolumen)</li> <li>• Höhere Anforderungen an das Monitoring</li> <li>• Nähe zur Phytokompetenz (D weltweit führend)</li> <li>• Forschungsinfrastruktur ist vorhanden (öffentlich und privat)</li> <li>• Wildsammlungen werden immer problematischer aufgrund behördlicher Auflagen</li> <li>• Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erheblich schwankende Nachfrage der pharmazeutischen Industrie aufgrund sich ändernder Rahmenbedingungen</li> <li>• Steigende Produktionskosten (Energiekosten)</li> <li>• Verstärkter Wettbewerbsdruck (neue EU-Mitgliedsstaaten)</li> <li>• Ausdünnung der Forschungslandschaft (Institute und Mittel)</li> </ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken der Arzneipflanzenproduktion in Deutschland

Die nachfolgend im Einzelnen aufgeführten rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen sind von außerordentlicher Bedeutung für die **Marktentwicklung** und Nachfrage nach Arzneipflanzen. Der **Abbau von Markteintrittsbarrieren** innerhalb der EU sowie die Schaffung eines gemeinsamen EU-Marktes bedingt, dass in der EU ansässige Unternehmen in Deutschland eine erleichterte Zulassung beantragen können und sich dadurch der Wettbewerbsdruck im deutschen Markt erhöht. Außerdem steigt der Aufwand für die Einhaltung der Regularien. Um die Arzneipflanzenproduktion in Deutschland weiter zu entwickeln und die **Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands** zu sichern, müssen Produktion und Produktqualität optimiert, neue Pflanzenarten und Produkte eingeführt sowie die Wirtschaftlichkeit verbessert werden.

Bei der Betrachtung der rechtlichen und administrativen Rahmenbedingungen für den Arzneipflanzenmarkt sind besonders relevant:

- Arzneimittelgesetz mit Rechtsverordnungen und Ausführungsbestimmungen, Arzneibuch,
- EU-Richtlinien zu Arzneimitteln,
- Weiterentwicklung von GMP-Standards,
- verminderte Erstattungsfähigkeit von Phytopharmaka durch gesetzliche Krankenversicherungen,
- steigende regulatorische Anforderungen an Kosmetika (jedoch insgesamt niedriger als bei Phytopharmaka),
- Artenschutz, Biodiversität, Schutz genetischer Ressourcen (FFH-Richtlinie, Washingtoner Artenschutzabkommen, CITES, Bundesnaturschutzgesetz etc.),
- Empfehlungen zu GACP (Good agricultural and collection practice, WHO, EMEA) mit Dokumentationspflicht,
- HWG (Heilmittel-Werbegesetz) und UWG (Gesetz gegen den unlauteren Wettbewerb).

Die Wettbewerbsdynamik ist durch eine zunehmende **Konzentration** auf der Abnehmerseite sowie wachsenden **Importdruck** geprägt. Importware dominiert den Markt: deutsche Produzenten haben einen Marktanteil von weniger als 20 %. Sie sind in einer schwachen Wettbewerbsposition, insbesondere wegen ihrer relativ schlechten Kostenposition. Chancen für deutsche Anbauer von Arzneipflanzen ergeben sich aber durch die zunehmende Dokumentationspflicht („Biografie der Pflanze“).

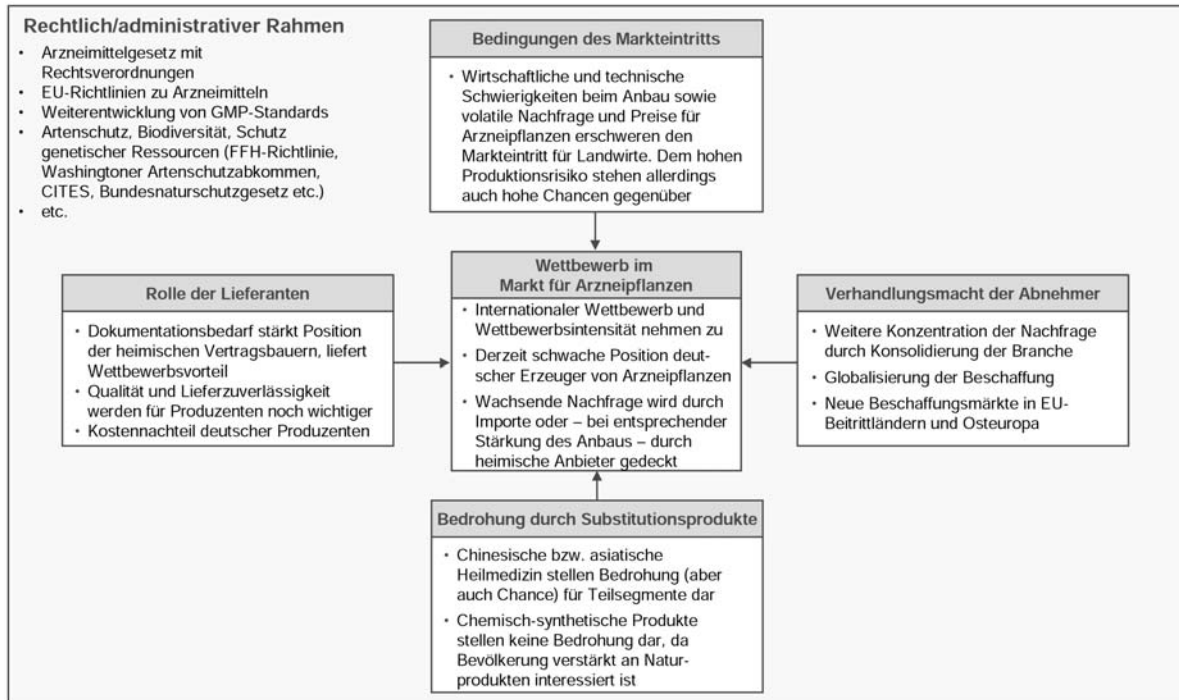


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im deutschen Arzneipflanzenmarkt

Subventionszahlungen für den Arzneipflanzenanbau in Deutschland werden nicht geleistet. Die hektarbezogenen Deckungsbeiträge sind vergleichsweise sehr hoch. Der relativ geringen volkswirtschaftlichen Relevanz des landwirtschaftlichen Anbaus von Arzneipflanzen steht eine hohe Wertschöpfung in der Weiterverarbeitung gegenüber. Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass der Anbau von Arzneipflanzen zur Biodiversität beiträgt.

#### **4 Relevante internationale Erfahrungen**

Der deutsche Arzneipflanzenanbau kann auf der Anbau- und der Vermarktungsseite von internationalen Erfahrungen profitieren.

**Südeuropäische Länder:** Die Nutzung von Arzneipflanzen als Nahrungsergänzung ist traditionell weit verbreitet. Die Hintergründe und Treiber hierfür sollten identifiziert und ihre Übertragbarkeit auf den deutschen Markt geprüft werden.

**USA:** Hier besteht der weltweit am stärksten wachsende Markt für Arzneipflanzen, mit einem besonders starken Health Food-Segment. Es ist zu überprüfen, inwieweit die Marktdynamik auf den deutschen Markt übertragbar ist. Die Erfahrungen können für die Entwicklung des deutschen Health Food-Marktes genutzt werden.

**Asien** (v. a. China und Indien): Die traditionelle chinesische und indische Medizin verwendet in großem Stil Arzneipflanzen. Die traditionelle chinesische Medizin wird zunehmend von Ärzten und Heilpraktikern in Deutschland praktiziert, allerdings werden die Arzneidroge meist importiert. Der Anbau ausgewählter chinesischer Pflanzen ist auch in Deutschland möglich und wurde in Anbauversuchen (z. B. Engelwurz, Tragant, Hasenohr, Kronrhababer, Fangfeng, Bailkahlmkrut, Besenbeifuß, Mutterkraut) getestet.

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- BAH (Hrsg.): Pflanzliche Arzneimittel heute. Wissenschaftliche Erkenntnisse und arzneirechtliche Rahmenbedingungen. Bestandsaufnahme und Perspektiven. 4. Aufl., Bonn 2004
- BAH (Hrsg.): Der Arzneimittelmarkt in Deutschland in Zahlen 2003. Verordnungsmarkt und Selbstmedikation
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (Hrsg.): Ernährungsbericht 2000. Frankfurt/Main, 2000
- Deutscher Fachausschuss für Arznei-, Gewürz- und Aromapflanzen: Fachtagung für Arznei- und Gewürzpflanzen 2004. Chancen und Herausforderungen einer zeitgemäßen Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion. Tagungsband. Jena 2004
- Bomme, Ulrich: Möglichkeiten und Grenzen der Feldproduktion von Heil- und Gewürzpflanzen. Vortrag. Oberfränkischer Gemüsebautag am 7. Dezember 2004 in Bamberg
- Bomme, Ulrich.: Situation und Zukunftsperspektiven des Feldanbaues von Heil- und Gewürzpflanzen in Deutschland, in: Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen, 3. Jg., 1998, S. 155–161
- Bomme, Ulrich: Betriebs- und arbeitswirtschaftliche Daten von Heil- und Gewürzpflanzen – ein Überblick, in: Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanze, 7. Jg., 2002, S. 422–432
- FAH: Studie zur Nutzung pflanzlicher Rohstoffe in der kosmetischen Industrie, gefördert durch die FNR
- FAH: Status quo-Analyse: Einsatz funktioneller Pflanzeninhaltsstoffe in der Veterinärmedizin. Bonn 2005
- FNR (Hrsg.): Chancen und Potenzial des deutschen Arzneipflanzenanbaus, Gülzower Fachgespräche, Bd. 20, Autor: Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller e. V. (FAH), o. O., 2002
- FNR (Hrsg.): Erntetechnologie von Arznei- und Gewürzpflanzen, Gülzower Fachgespräche, Bd. 22. Autoren: S. Zimmer, J. Müller, o. O., 2004
- Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE): Analyse der ökologischen Produktionsverfahren von Heil- und Gewürzpflanzen in Deutschland. Projektabschlussbericht 2003
- Hoppe, B.: Entwicklung des deutschen Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Gemüse 2, S. 31–32, 2000
- Hoppe, B.: Studie zum derzeitigen Stand des Anbaus von Arznei- und Gewürzpflanzen in Deutschland, 2005
- KTBL: Heil- und Gewürzpflanzen. Darmstadt 2002
- Marquard, R./Kroth, E. (Hrsg.): Anbau und Qualitätsanforderungen ausgewählter Arzneipflanzen. Bergen 2002

Track, Thomas: Phytoextrakte – Produkte und Prozesse, in: CITplus, Heft 03/2005, 8. Jahrgang, S. 4-7  
ZMP-Marktbericht (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle): Arznei- und Gewürzpflanzen. ZMP-Marktbericht 1 (1), 1-6, 1998

### **Websites**

[www.colipa.com](http://www.colipa.com) (European Cosmetic Toiletry and Perfumery Association)  
[www.dechema.de](http://www.dechema.de)  
[www.fnr.de](http://www.fnr.de)  
[www.pharmaplant.de](http://www.pharmaplant.de)

### **Einbezogene Unternehmen, Verbände und Institutionen**

Agrarprodukte Ludwigshof  
Argrargenossenschaft Nöbdenitz  
Agrimed Hessen  
BAH/FAH  
Bionorica AG  
Martin Bauer GmbH & Co. KG  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Freising  
Cognis  
Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Gartenbauberatung Ahrweiler  
Klosterfrau GmbH  
Kneipp-Werke GmbH & Co. KG  
LAT GmbH  
Lichtwer Pharma AG  
Pharmaplant GmbH  
Schaper & Brümmer GmbH & Co. KG  
Dr. Willmar Schwabe GmbH  
H. Winkler, Arzneipflanzenanbauer

# **Papier, Karton und Pappe**

Markus Müller

Sven Schneider \*

---

\* Dipl.-Ing. Markus Müller und Dipl.-Ing. Sven Schneider;  
IE Leipzig – Institut für Energetik und Umwelt gGmbH,  
Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig, [www.ie-leipzig.de](http://www.ie-leipzig.de)





---

# Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| <b>Papier, Karton und Pappe .....</b>       | <b>367</b> |
| <b>Abbildungen.....</b>                     | <b>370</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                      | 371        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....    | 375        |
| 3 Analyse des Marktes.....                  | 378        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen..... | 388        |
| 5 Quellenverzeichnis .....                  | 388        |

## Abbildungen

|   |     |
|---|-----|
| Holz- und Zellstoffverbrauch in Deutschland im Jahr 2004.....                                 | 371 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung<br>im Bereich Holz- und Zellstoff.....                     | 373 |
| Übersicht über den Markt Holz- und Zellstoff.....   | 374 |
| Wertschöpfungsketten Holz- und Zellstoff .....  | 375 |
| Verfahren der Holzstoffherstellung .....  | 376 |
| Umweltbelastungen bei der Herstellung von Faserstoff .....                                    | 377 |
| Aufkommen von Faserstoffen für die Papierproduktion 2002 .....                                | 378 |
| Verbrauchsentwicklung für Papier, Karton und Pappe<br>nach Regionen 1980 bis 2015 .....       | 379 |
| Veränderung des Zellstofflistenpreises 2001 bis 2004 .....                                    | 380 |
| Bedarf an Faserstoffen und Produktionsvolumen in<br>Deutschland 2004 (in 1.000 t).....        | 381 |
| Rohholzbedarf für die deutsche Zellstoffherstellung 2003 bis 2005.....                        | 381 |
| Betriebe und Kapazitäten der Faserstoffherstellung 2005 .....                                 | 383 |
| Waldflächen, Holzvorrat und Industrieholzabsatz nach<br>Waldeigentümern .....                 | 383 |
| Produktion und Rohstoffeinsatz in der Papierindustrie in<br>Deutschland (in 1.000 t).....     | 384 |
| Wettbewerbsdynamik im deutschen Markt für Faserstoffe .....                                   | 386 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken der<br>Holzstoff- und Zellstoffindustrie..... | 387 |

## 1 Zusammenfassung

Fast **60 % des Faserstoffverbrauchs** in Deutschland wird **importiert**. Die Faserstoffproduktion in Deutschland entspricht über 90 % des Holzstoffverbrauchs und fast 25 % des Zellstoffverbrauchs. Gegenwärtig gibt es in Deutschland sechs Zellstoffwerke und 17 Holzstoffwerke. Zumeist erfolgt die Faserstoffproduktion am Standort von Papierfabriken (Sulfitwerke) für den Eigenverbrauch. Zwei große Zellstoffwerke (Stendal, Blankenstein) stellen Zellstoff für den Verkauf auf dem freien Markt (Marktzellstoff) her. Mit der Inbetriebnahme des Zellstoffwerkes in Stendal hat sich die Produktionskapazität in Deutschland um ca. 65 % erhöht.

Das **Marktvolumen** für Holz- und Zellstoff 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. Etwa 2,5 % des Zellstoffes werden als Chemiezellstoff eingesetzt (vgl. Chemiemarkt).

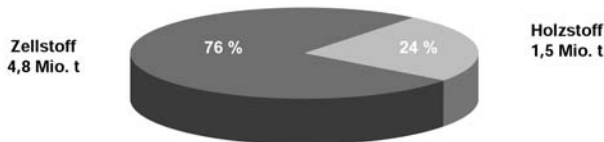


Abbildung: Holz- und Zellstoffverbrauch in Deutschland im Jahr 2004

Holz- und Zellstoffe werden aus Waldholz- und Sägewerkshackschnitzeln hergestellt. Für die deutsche Produktion spielen Holzimporte bei der **Rohstoffversorgung** nur eine geringe Rolle, da der Holzimport aufgrund des hohen Transportaufwands wirtschaftlich kaum attraktiv ist. Die Bereitstellung von Waldholz im Inland erhöht die **regionale Wertschöpfung** und schafft **zusätzliche Arbeitsplätze**. Mit der Holzbereitstellung für die Produktion von Holz- und Zellstoff in Deutschland sind etwa

7.800 Arbeitsplätze verbunden. Die Deutsche Zellstoff- und Papierindustrie beschäftigt zusätzlich 44.500 Personen.

Durch den weiterhin steigenden Papier-, Karton- und Pappeverbrauch wird vor allem der Zellstoffverbrauch zunehmen, während für Holzstoff eher von einem stagnierenden Verbrauch auszugehen ist. Das **Marktwachstum bis 2010** erreicht für Holz- und Zellstoff zusammen etwa 2 % p. a. (6,9 Mio. t). Zwischen 2010 und 2020 dürfte das Marktwachstum mit 1 % p. a. (7,4 Mio. t in 2020) nur halb so hoch ausfallen.

| Kriterien   | Ausprägungen im Markt für Holzstoff und Zellstoff   |
|---|---|
| Marktgröße im Jahr 2004   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holzstoffverbrauch: 1,6 Mio. t (405 Mio. €)</li> <li>• Zellstoffverbrauch: 4,8 Mio. t (2.300 Mio. €)</li> </ul>  |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holzstoffverbrauch: Langfristig stagnierender/leicht sinkender Verbrauch etwa auf dem gegenwärtigen Niveau</li> <li>• Zellstoffverbrauch 2010: 2 % p. a. mit einem Marktwert von ca. 2.650 Mio. € (5,5 Mio. t)</li> <li>• Zellstoffverbrauch 2020: 1 % p. a. mit einem Marktwert von ca. 2.900 Mio. € (6,0 Mio. t)</li> </ul>                              |
| Absatz- und Einkommenspotenzial für deutsche Land- und Forstwirtschaft* | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2004: Volumen ca. 2,5 Mio. t<sub>abro</sub> Papierholz, Marktwert: ca. 150 Mio. €, entfallen weitgehend auf Inland</li> <li>• 2010: Volumen ca. 2,8 Mio. t<sub>abro</sub> Papierholz, Marktwert: ca. 170 Mio. €, entfallen weitgehend auf Inland</li> </ul>  |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Marktnähe zu den Holzstoff- und Zellstofffabriken mit geringem Transportaufwand gewährleistet die Wettbewerbsfähigkeit der Rohholzversorgung</li> </ul>  |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachfragerückgang bei Papierprodukten durch Abschwächung der Weltwirtschaft und entsprechendem Rückgang der Papierproduktion für Inlands- und Exportmarkt</li> <li>• Konkurrenz aus stofflicher und energetischer Nutzung kann zu regionalen Preissteigerungen führen</li> </ul>   |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im großen Maße wird nach PEFC zertifiziertes Holz verarbeitet</li> <li>• Die Umweltwirkungen des Anlagenbetriebs werden ständig überwacht und Neuanlagen weisen auch im Vergleich zum internationalen Maßstab einen hohen Umweltstandard auf</li> <li>• Die Energieversorgung erfolgt in hohem Maße oder vollständig ohne fossile Energieträger</li> </ul> |

\*Es wird von real gleichen Preisen wie 2004 ausgegangen

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Holz- und Zellstoff

|                 | Holzstoff   | Zellstoff   |
|-----------------|---|---|
| Marktgröße 2004 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktion: 1,4 Mio. t (380 Mio. €)</li> <li>• Verbrauch: 1,5 Mio. t (405 Mio. €)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktion: 1,1 Mio. t (537 Mio. €)</li> <li>• Verbrauch: 4,8 Mio. t (2.300 Mio. €)</li> </ul>   |
| Marktwachstum   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrauch 2010: 1,4 Mio. t (-1 % p.a.)</li> <li>• Verbrauch 2020: stagnierend</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbrauch 2010: 5,5 Mio. t (2 % p. a.)</li> <li>• Verbrauch 2020: 6 Mio. t (1 % p. a.)</li> </ul>  |
| Treiber         | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Integrierte Produktion am Standort der Papierproduktion</li> <li>+ Geringe Transportwege</li> <li>+ Erhöhte Papierproduktion auf Holzstoffbasis in jüngerer Vergangenheit</li> <li>+ Konkurrenzprodukt Altpapier durch neue Verarbeitungsverbodnungen wirtschaftlich unattraktiver geworden</li> <li>+ Wachsende inländische und weltweite Nachfrage nach Papierprodukten</li> <li>- Verfügbarkeit Faserrohstoffe</li> <li>- Kosten Faserrohstoffe</li> <li>- Konkurrierende Nachfrage für Faserrohstoffe (z. B. energetische Nutzung)</li> <li>- Rohstoffversorgung an ausländischen Standorten in der Regel kostengünstiger</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Integrierte Produktion am Standort der Papierproduktion</li> <li>+ Geringe Transportwege</li> <li>+ Erhöhte Papierproduktion auf Zellstoffbasis</li> <li>+ Konkurrenzprodukt Altpapier durch neue Verarbeitungsverbodnungen wirtschaftlich unattraktiver geworden</li> <li>+ Wachsende inländische und weltweite Nachfrage nach Papierprodukten</li> <li>- Verfügbarkeit Faserrohstoffe</li> <li>- Kosten Faserrohstoffe</li> <li>- Konkurrierende Nachfrage für Faserrohstoffe (z. B. energetische Nutzung)</li> <li>- Rohstoffversorgung an ausländischen Standorten in der Regel kostengünstiger</li> </ul> |

Abbildung: Übersicht über den Markt Holz- und Zellstoff

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Verschiedene Faserrohstoffe werden in der Papierindustrie eingesetzt. Dazu zählen Holzstoff, Zellstoff, Halbzellstoff und sonstiger Zellstoff.

- **Holzstoff:** Faserstoff, der durch Schleifen aus Faserholz bzw. Holzabfällen entsteht oder im Refining-Verfahren aus Holzschnitzeln bzw. -partikeln ausgelöst wird. Er wird auch als Holzschliff oder als Refiner-Holzstoff bezeichnet und kann gebleicht werden oder ungebleicht bleiben.
- **Zellstoff:** Faserstoff, der durch chemische Behandlung aus Faserholz, Holzschnitzeln, Holzpartikeln oder Holzabfällen gewonnen wird. Hierzu gehören Sulfatzellstoff (Kraftzellstoff), Natron- und Sulfitzellstoff. Er kann gebleicht oder halbgebleicht werden, und ungebleicht bleiben.
- **Halbzellstoff:** Faserstoff, der durch mechanische und chemische Behandlung aus Faserholz, Holzschnitzeln, Holzpartikeln oder Holzabfällen gewonnen wird.
- **Sonstiger Zellstoff:** Aus Altpapier (Altpapierzellstoff) oder anderen pflanzlichen Faserstoffen, aber nicht aus Holz, gewonnener Zellstoff, der für die Herstellung von Papier, Pappe und Faserplatten verwendet wird.

| Produkt(-gruppe) | Wertschöpfungsketten (Waldholz)                               |
|------------------|---|
| Holzstoff        | • Fällen – Transport – Entrinden – Hacken – Schleifen         |
| Zellstoff        | • Fällen – Transport – Entrinden – Hacken – Kochen – Bleichen |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Holz- und Zellstoff

Für die Holzstoff- und Zellstoffherstellung werden verschiedene technische Verfahren eingesetzt.

In der **Zellstoffherstellungslinie** (Faserlinie) wird das Holz zunächst mechanisch entrindet und zerkleinert (gehackt) und anschließend unter der Anwendung von Druck und Temperatur chemisch aufgeschlossen; dabei werden Sulfat- und Sulfitverfahren unterschieden. Beim Sulfatverfahren werden Natronlauge (NaOH) und Natriumsulfid (Na<sub>2</sub>S) verwen-



| Name                                      | Kurzbeschreibung  |
|---|---|
| <b>SGW – Stone Groundwood</b>             | Rundholz wird gegen einen Schleifstein unter Atmosphärendruck gedrückt  |
| <b>TGW – Thermo Groundwood</b>            | Rundholz wird gegen einen Schleifstein unter Atmosphärendruck bei Temperaturen knapp unter 100 °C gedrückt  |
| <b>PGW – Pressure Groundwood</b>          | Rundholz wird gegen einen Schleifstein unter Überdruck bei ca. 125 °C gedrückt  |
| <b>RMP – Refiner Mechanical Pulp</b>      | Hackschnitzel werden zwischen geriffelten Mahlscheiben unter Atmosphärendruck gemahlen  |
| <b>TMP – Thermo-mechanical Pulp</b>       | Hackschnitzel werden zwischen geriffelten Mahlscheiben bei erhöhtem Druck und Temperaturen von 120–130 °C gemahlen  |
| <b>CTMP – Chemo-thermomechanical Pulp</b> | Hackschnitzel werden zwischen geriffelten Mahlscheiben bei erhöhtem Druck und Temperaturen von 120–130 °C unter Zusatz von Sulfid zerkleinert. Eine Variante für Pappelholz ist APTMP (Alkaline Peroxide Thermomechanical Pulp), bei dem alkalische Bleichmittel beigefügt werden |

Abbildung: Verfahren der Holzstoffherstellung

det, beim Sulfidverfahren werden Ca-Hydrogensulfid  $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$  oder Magnesiumbisulfid bzw. in mit  $\text{SO}_2$  gesättigtem Wasser suspendierter Kalkstein  $\text{CaCO}_3$  verwendet. Die dadurch freigelegten Zellulosefasern werden anschließend in mehreren Stufen gereinigt und anschließend gebleicht. Zur Herstellung eines transportfähigen Produktes wird der Zellstoff schließlich entwässert, getrocknet und zu Ballen gepresst.

Neben diesem klassischen Verfahren zur Zellstoffproduktion existieren **alternative Holzaufschlussverfahren**, die bisher allerdings noch nicht im großtechnischen Einsatz sind. Hierbei werden zur Primärzellstoffgewinnung meist organische Aufschlussmittel verwendet. Folgende Verfahren sind relevant:

- MEA-Verfahren (Monoethanol-Amin),
- ASAM-Verfahren (Natriumhydroxid, Methanol),
- Acetosolv (Essigsäure und Salzsäure),
- Organosolv (Wasser und Methanol, Natriumhydroxid).

Die Herstellung der Faserstoffe ist mit **vielfältigen Umweltbelastungen** verbunden und besitzt einen hohen Anteil an den Gesamtumweltbelastungen des Lebensweges der Papierherstellung (z. B. ca. 18 %-Anteil bei den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten). Problempunkte bei der Faserherstellung sind insbesondere:

- Wasseremissionen (AO<sub>x</sub>, COD, BOD, TSS, giftige Stoffe),
- Luftemissionen (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, TSP, TRS, NO<sub>x</sub>),
- Belastungen durch Chlorverbindungen,
- anfallende Reststoffe,
- Lärmemissionen,
- Geruchsbelästigungen,
- hoher Energieverbrauch,
- hoher Chemikalienverbrauch.

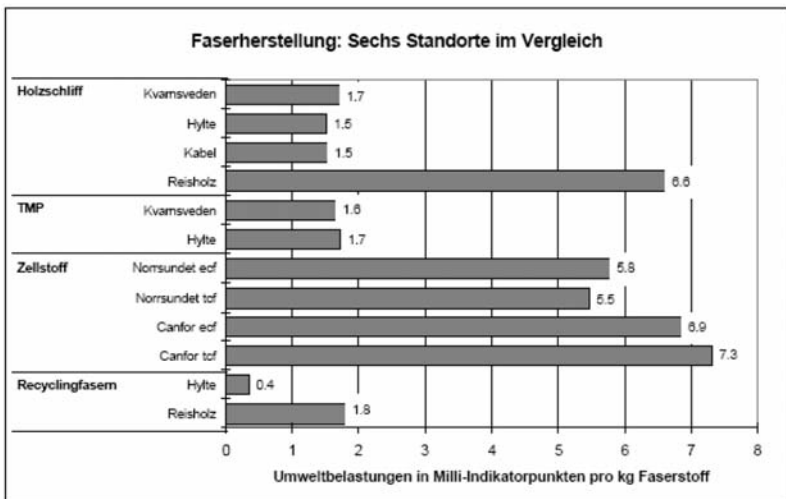


Abbildung: Umweltbelastungen bei der Herstellung von Faserstoff

Deutliche Verringerungen der Umweltbelastungen konnten in den letzten Jahren u. a. durch verfahrenstechnische Änderungen (z. B. im Bleichverfahren) erzielt werden. Zellstoff weist höhere Umweltbelastungen als Holzschliff auf, während Recyclingfasern die geringsten Umweltbelastungen verursachen. Bei Neuanlagen werden sich künftig wesentliche Verringerungen der Umweltbelastungen durch eine Verbesserung der Anlagen-, Prozess- und Verfahrenstechnik ergeben.

### 3 Analyse des Marktes

Faserstoffe für die Papierproduktion werden weltweit in einem wachsenden Markt gehandelt, der sich wie folgt charakterisieren lässt:

- **Zellstoff:** Hierbei handelt es sich um einen weltweiten Markt mit Schwerpunkten der Herstellung in den USA, Kanada, Finnland und Schweden.
- **Holzstoff:** Gleichfalls weltweiter Markt mit Schwerpunkten der Herstellung in Kanada, Finnland und Schweden.
- **Altpapier:** Altpapier wird zum Teil weltweit gehandelt mit Schwerpunkten in Asien, Lateinamerika, Deutschland und Spanien.
- Aufgrund unterschiedlicher **Rohstoffanforderungen** der einzelnen Papiere existieren verschiedene Teilmärkte für die Faserstoffe bzw. Einsatzstoffe (Kurzfaser, Langfaser, gebleicht, ungebleicht, Birke, Fichte, Kiefer, Eukalyptus).
- Teilweise ist eine **Substituierbarkeit** der verschiedenen Faserrohstoffe (Waldholz, Sägewerk-Hackschnitzel, Altpapier) möglich.

|           | Deutschland | Europa | Welt  |
|-----------|-------------|--------|-------|
| Holzstoff | 1,25        | 14,5   | 36,2  |
| Zellstoff | 0,9         | 30,8   | 118,6 |
| Altpapier | 13,7        | 48,7   | 330,8 |

Abbildung: *Aufkommen von Faserstoffen für die Papierproduktion 2002 (in Mio. t)*

Der **Papierverbrauch** ist der **entscheidende Treiber** für die Marktentwicklung von Faserstoffen. Der Faserstoffbedarf ist direkt vom Papierverbrauch abhängig. Tendenziell ist eine weitere Erhöhung des Altpapier-einsatzes möglich, so dass der Holzstoff- und Zellstoffbedarf geringer steigt als der Papierverbrauch. Der Einfluss des **Spezialzellstoffmarktes**, wie z. B. für Zigarettenpapier, Banknoten oder technische Filter und der Markt für Chemiezellstoff ist für die Gesamtmarktentwicklung nur von untergeordneter Bedeutung.

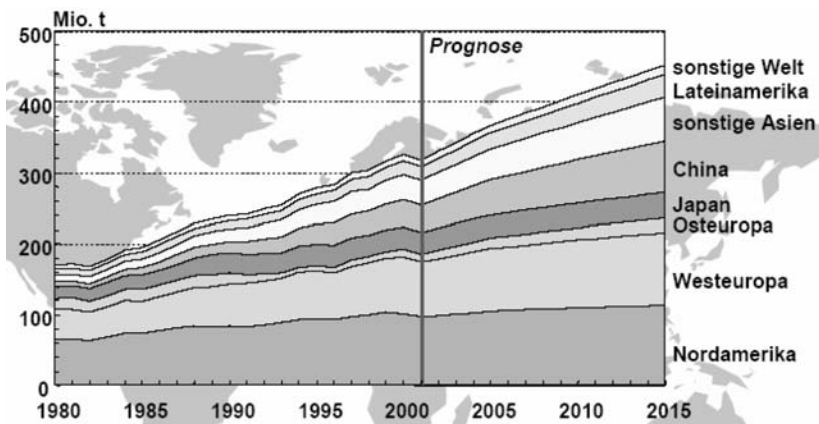


Abbildung: Verbrauchsentwicklung für Papier, Karton und Pappe nach Regionen 1980 bis 2015

Der Marktpreis für Faserstoffe zur Papierproduktion unterliegt **starken Preisschwankungen**.

Die mit der konjunkturellen Entwicklung schwankende Papiernachfrage führt entsprechend zu steigenden oder sinkenden Preiseffekten beim Vorprodukt Faserstoffe. In jüngerer Vergangenheit sind auch zum Teil die steigenden Weltmarktpreise für Energie für die steigenden Faserstoffpreise verantwortlich.

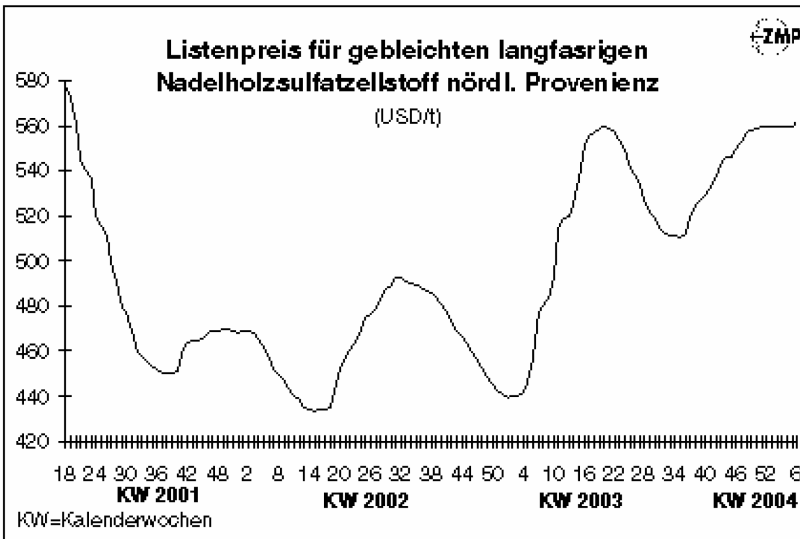


Abbildung: Veränderung des Zellstofflistenpreises 2001 bis 2004

Der **Rohholzbedarf** für die deutsche Holzschliffherstellung betrug im Jahr 2003 insgesamt 1,3 Mio. t<sub>atro</sub>, davon 1 Mio. t Industrieholz und 0,3 Mio. t SNP. Für 2004 und 2005 werden nur geringe Veränderungen erwartet. Die **Papierindustrie** kann als **Wachstumsbranche** bezeichnet werden. Das Wachstum der letzten Jahre betrug 3 % p. a. und wird sich voraussichtlich künftig in einer ähnlichen Größenordnung fortsetzen. Entsprechend wird die Nachfrage nach Faserstoffen steigen. Aufgrund der spezifischen Papierproduktion wird die **Nachfrage nach Holzstoff stagnierend bis leicht rückläufig** sein. Der Verbrauch wird im Jahr 2010 bei etwa 1,4 Mio. t liegen mit einem Marktwert von etwa 380 Mio. €. Bis 2020 wird eine gleich bleibende Marktnachfrage auf dem Niveau des Jahres 2010 erwartet. Die steigende Papierproduktion führt zu einer **Verbrauchszunahme bei Zellstoffen**. Der Verbrauch steigt bis 2010 auf etwa 5,5 Mio. t an mit einem Marktwert von etwa 2.650 Mio. €. Bis 2020 wird sich das Marktwachstum fortsetzen. Der Verbrauch beträgt dann etwa 6 Mio. t mit einem Marktwert von ca. 2.900 Mio. €.

|                                     | Zellstoff    | Holzstoff    | Altpapier     | Papier,<br>Karton u.<br>Pappe |
|-------------------------------------|--------------|--------------|---------------|-------------------------------|
| Produktion/<br>Aufkommen/<br>Absatz | 1.106        | 1.396        | 14.148        | 20.392                        |
| Import                              | 4.337        | 127          | 2.566         | 10.574                        |
| Export                              | 592          | 30           | 3.616         | 11.524                        |
| <b>Verbrauch*</b>                   | <b>4.764</b> | <b>1.595</b> | <b>13.219</b> | <b>19.442</b>                 |

\* Abweichung der Verbrauchsangabe von der Summe der Einzelwerte durch statistische Differenzen

Quelle: VDP, Papier Kompass 2005

Abbildung: Bedarf an Faserstoffen und Produktionsvolumen in Deutschland 2004 (in 1.000 t)

| Jahr | Rohholzbedarf (1000 t <sub>atro</sub> ) |       |        | Papier-<br>zellstoff-<br>Produktion |
|------|---|-------|--------|-------------------------------------|
|      | Waldholz                                | SNP   | Gesamt | (1.000 t)                           |
| 2003 | 967                                     | 935   | 1.902  | 848                                 |
| 2004 | 1.436                                   | 1.169 | 2.605  | 1.106                               |
| 2005 | 1.970                                   | 1.436 | 3.406  | 1.400                               |

Abbildung: Rohholzbedarf für die deutsche Zellstoffherstellung 2003 bis 2005

Es besteht ein **intensiver Wettbewerb** im **Rohstoffmarkt** für die **Faserproduktion**. In Deutschland gibt es nur **wenige** geeignete **Anbieter** für große Liefermengen an **Waldholz (Papierholz)** (z. B. Staatsforstbetriebe, Forstbetriebsgemeinschaften, große Privatwald-Besitzer). Den we-

nigen Großlieferanten steht bei den Industrieholzsortimenten, insbesondere bei Nadelhölzern, eine hohe Wettbewerbsintensität auf der Nachfrageseite gegenüber. So ist u. a. nach der Inbetriebnahme vom ZSW Stendal ein Anstieg der Industrieholzpreise zu beobachten. **Sägehack-schnitzel** werden in Deutschland in ca. 400 Nadelholzsägewerken hergestellt, die eine Einschnittkapazität von 10.000 Fm aufweisen und einen überregionalen SNP-Vertrieb besitzen. Es haben sich verschiedene regionale Teilmärkte etabliert, wobei eine hohe Wettbewerbsintensität im Norden und Osten einer geringeren im Westen und Süden gegenübersteht. In den letzten Jahren waren starke Marktschwankungen zu beobachten.

Für einen erfolgreichen **Markteintritt** in die **Faserstoffherstellung** sind folgende Grundbedingungen zu erfüllen:

- Es muss eine gute Rohstoffbasis (Waldholz, Sägenebenprodukte) mit Anbietern, die große Holz mengen zur Verfügung stellen können, vorhanden sein.
- Der Altpapiermarkt sollte so weit wie möglich ausgeschöpft werden, um die Substitutionsgefahr für Faserstoffe zu minimieren.
- Am Produktionsstandort sollten die Energiekosten günstig sein.
- Um große und damit wirtschaftliche Anlagen international wettbewerbsfähig betreiben zu können, muss ein großer, sowohl nationaler als auch weltweiter, Absatzmarkt für das Endprodukt Papier vorhanden sein.
- Die Ergänzung der Papierherstellung um die Faserstoffherstellung (integrierte Produktion) ist betriebswirtschaftlich am günstigsten.

Es gibt nur wenige Unternehmen, die Waldholz stofflich nutzen. Zehn Unternehmen mit insgesamt 17 Standorten produzieren Holzschliff. Zellstoff wird von vier Unternehmen an sechs Produktionsstandorten hergestellt. In der Holzwerkstoffindustrie sind ca. 20 Unternehmen mit ca. 60 Betrieben tätig. Zwischen den Rohholzanbietern und den Unternehmen bzw. Betrieben der stofflichen Holznutzung bestehen langjährige Geschäftsbeziehungen, so dass für neue **Holzabnehmer** (Nachfrager) **große Markteintrittsbarrieren** bestehen. Auch Großabnehmer von Waldholz können aufgrund der Anbieterstruktur nur in engem Rahmen die „Preise diktieren“.

| Kapazität (t)             | < 5.000 | 5 000–50.000 | 50.000–100.000 | 100.000–200.000 | > 200.000 |
|---------------------------|---------|--------------|----------------|-----------------|-----------|
| Anzahl Betriebe Holzstoff | 1       | 5            | 4              | 6               | 1         |
| Anzahl Betriebe Zellstoff |         |              |                | 3               | 3         |

Abbildung: Betriebe und Kapazitäten der Faserstoffherstellung 2005

Die **Lieferantenseite** ist durch **monopolistische Strukturen** geprägt, da nur wenige Anbieter für größere Holz mengen regional vorhanden sind. In der Regel handelt es dabei um Staatsforstbetriebe und größere Forstdienstleistungsgesellschaften. Hohe Holzvorräte sind insbesondere im Privatwald vorhanden, wobei die Holzrohstoffreserve bei etwa 15 bis 20 Mio.  $t_{\text{atro}}$  liegt. Die Mobilisierbarkeit im Kleinprivatwald mit sehr hohen Holzvorräten gestaltet sich aber schwierig; u. a. ist die technische Ausstattung zur wirtschaftlichen und großvolumigen Hackschnitzelproduktion nur bei größeren Betrieben vorhanden.

|                     | Anteil Waldfläche Holzboden (%) | Holzvorrat ( $m^3/ha$ ) | Anteil am Industrieholzabsatz 2002 |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Bundeswald          | 3                               | 231                     | 6,3                                |
| Landeswald          | 29                              | 305                     | 39,5                               |
| Körperschaftswald   | 19                              | 314                     | 21,1                               |
| Privatwald          | 49                              | 337                     | 33,1                               |
| <b>Durchschnitt</b> |                                 | <b>320</b>              |                                    |

Abbildung: Waldflächen, Holzvorrat und Industrieholzabsatz nach Waldeigentümern

Je nach Technologie und Verfahren der Faserrohstoffbereitstellung sind mehr oder weniger umfassende **Substitutionen der Faserrohstoffe** möglich. Für Langfaserzellstoff können unterschiedliche Nadelhölzer verwendet werden, während Kurzfaserzellstoff aus Laubhölzern hergestellt wird. Es können aber auch gehacktes Waldholz und/oder Hackschnitzel aus Sägewerken verwendet werden. Die Herstellung von Holz-



schliff beruht auf der Verwendung von Nadelhölzern und Vollbäumen. Spezifische Verfahren zur Holzstoffherstellung ermöglichen auch die Verwendung von Laubhölzern sowie von Hackschnitzeln. Die **Substitutionsmöglichkeiten** zwischen **Zellstoff**, **Holzstoff** und **Altpapier** sind grundsätzlich zwar möglich, aber dadurch begrenzt, dass bestimmte Papiere einen bestimmten Rohstoffeinsatz verlangen. So kann z. B. der Altpapiereinsatz aufgrund der geringen Faserlängen nicht unbegrenzt gesteigert werden. Der Anteil von Altpapier in den einzelnen (Neu-)Papiersorten ist wesentlich von deren geforderten funktionellen Eigenschaften abhängig.

|                              | 1999          | 2001          | 2003          | 2004          |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Holzstoff                    | 1.373         | 1.397         | 1.518         | 1.595         |
| Zellstoff                    | 4.181         | 4.024         | 4.506         | 4.764         |
| Altpapier                    | 10.307        | 11.526        | 12.449        | 13.219        |
| <b>Summe Rohstoffeinsatz</b> | <b>15.861</b> | <b>16.947</b> | <b>18.473</b> | <b>19.578</b> |
| Papierproduktion             | 16.742        | 17.879        | 19.310        | 20.392        |

Abbildung: *Produktion und Rohstoffeinsatz in der Papierindustrie in Deutschland (in 1.000 t)*

Die Holzstoff- und Zellstoffindustrie wird u. a. durch die folgenden **Rahmenbedingungen** beeinflusst.

- Baurechtliche Genehmigung,
- Immissionsschutzrecht (4. BImSchV, 17. BImSchV),
- Raumordnungsgesetz (ROG),
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung,
- Wasserrecht,
- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG).

Ein ausreichender Rohholzbedarf ist eine wichtige Standortvoraussetzung für die weitere Existenz der Holzstoff- und Zellstoffindustrie in

Deutschland. Daher kommt dem Aspekt der Rohstoffkonkurrenz (Waldholz, SNP) – stoffliche versus energetische Nutzung – große Bedeutung zu; hier wird letztlich der Markt entscheiden. Eine wirtschaftliche Produktion von Holz- und Zellstoffen ist unter den gegenwärtigen Bedingungen sowie voraussichtlich auch künftig möglich.

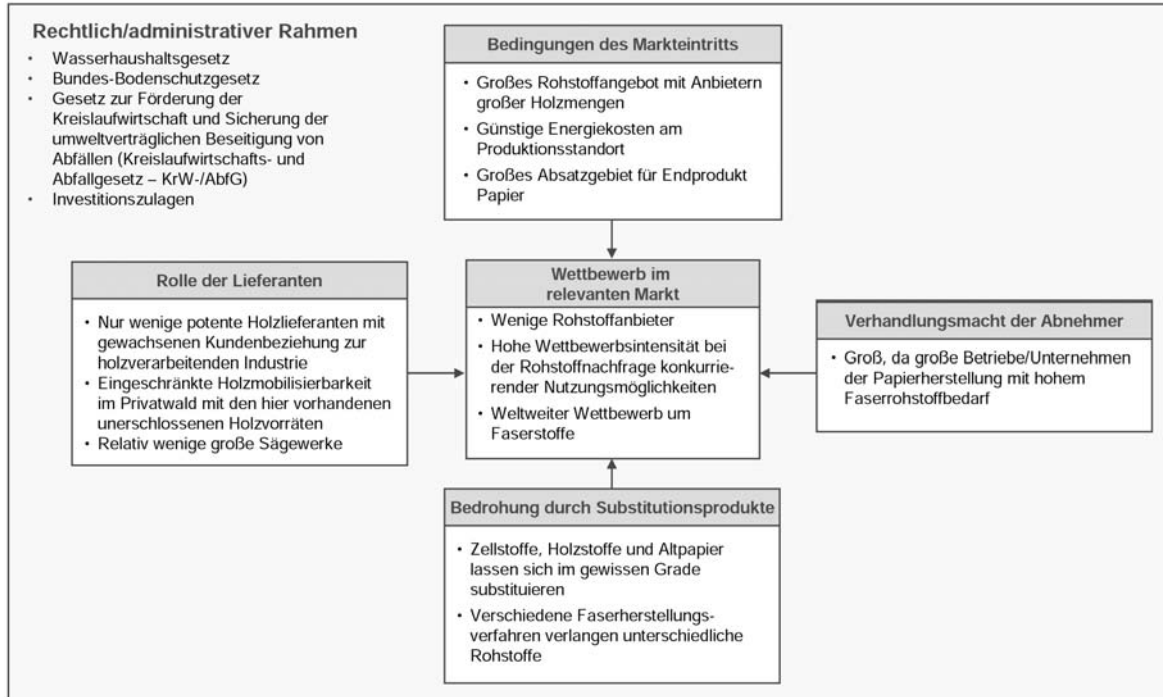


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im deutschen Markt für Faserstoffe

|  |  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;"><b>Stärken</b></p>  | <p style="text-align: center;"><b>Schwächen</b></p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrierte Produktion von Faserstoffen und Endprodukt Papier an einem Standort führt zu günstiger Kostenstruktur</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ hohe Rohstoffpreise in Deutschland</li> <li>• Industrielle Waldwirtschaft ist in Deutschland nur eingeschränkt möglich</li> <li>• Es stehen nur wenige leistungsfähige Waldholzanbieter für die Bereitstellung großer Holzmengen zur Verfügung</li> </ul> |
| <p style="text-align: center;"><b>Chancen</b></p>  | <p style="text-align: center;"><b>Risiken</b></p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der steigende Papierbedarf hat auch eine Nachfragesteigerung bei Faserstoffen zur Folge</li> <li>• Der hohe Importanteil von etwa 60 % bei Faserstoffen eröffnet Chancen für die Steigerung der inländischen Faserstoffproduktion</li> <li>• Es gibt noch ausreichende Waldholzreserven, die einer Nutzung zugeführt werden können</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit durch Ausbau der Produktion im Ausland mit günstigeren Kostenstrukturen als in Deutschland</li> <li>• Konkurrenz um kostengünstiges Waldholz zum Beispiel aufgrund der Zunahme der energetischen Nutzung</li> </ul>     |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken der Holzstoff- und Zellstoffindustrie

## 4 Relevante internationale Erfahrungen

Aufgrund der unterschiedlichen Funktionalitäten des Waldes (Bedeutung in Bezug auf Rohstoffgewinnung und Naturschutzraum) und der länderspezifischen Waldstrukturen kommen in Europa unterschiedliche **Waldbewirtschaftungs- und Holzernteverfahren** zur Anwendung. Die intensive Waldbewirtschaftung führt zu niedrigen Kosten bei der Holzgewinnung. Eine Übertragung der industriellen Waldbewirtschaftung ist aber auf deutsche Verhältnisse nicht ohne weiteres möglich, da z. B. Kahlschläge in der Regel nicht erlaubt sind. Außerdem besitzt der Wald im dicht besiedelten Deutschland neben seiner Funktion als Holzlieferant vor allem auch eine Sozialfunktion (z. B. Erholung, Klimafunktionen).

Die neu errichtete **Zellstoffproduktionsanlage** in Deutschland (Stendal) besitzt einen hohen technologischen Stand und ist vergleichbar mit anderen Neuerrichtungen in Europa. Diesbezüglich präsentiert die Anlage den Stand der weltweiten Technik. Das APTMP-Verfahren zur **Faserstoffproduktion** mit Pappelholz wird allerdings in Deutschland bisher noch nicht angewendet.

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Arppe, M.: Holzstoff – Zukunfts- oder Auslaufmodell? Ipw 10/2001, S. 45–50, 2001  
Axel Springer Verlag AG/StoraEnso/Canfor: Bewertung ökologischer Lebensläufe von Zeitungen und Zeitschriften. Studie, Hamburg 1998  
Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft: Holzmarktbericht 2002. Bonn 2004  
Bundeswäldinventur 2: [www.bundeswaldinventur.de](http://www.bundeswaldinventur.de), 2002  
Europäische Kommission: Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) – Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken in Zellstoff- und Papierindustrie. 2001  
Funk, M.: Struktur und Entwicklung des Holzverbrauches der Industrie in Norddeutschland. AFZ – Der Wald 3/2005, S. 130–131, 2005  
Grefermann, K.: Globalisierung und Konzentration: die Papierindustrie im Wandel. Ifo-Studien zur Industriewirtschaft, 53, München 1997  
Hoppe, J./Eikens, B.: Zellstoff – ein Rohstoff mit glänzender Perspektive. Ipw 10/2001, S. 35–39, 2001  
[http://www.axelspringer.de/inhalte/umwelt/inhalte/service/pdf/lca\\_studie.pdf](http://www.axelspringer.de/inhalte/umwelt/inhalte/service/pdf/lca_studie.pdf) – Zugriffszeit 25.03.2005

- IG BCE: Zur wirtschaftlichen Lage der Industriegruppe Papier  
(Datenquelle: Januar–Juli 2004). Hannover, im September 2004
- JAAKKO PÖYRY CONSULTING: Entwicklungen in der Forst- und Holzwirtschaft.  
Vortrag im Rahmen des Unternehmertags TU München, 20.03.2003
- Kiebert, X., Verband Deutscher Papierfabriken e. V. – Persönliche Auskunft, 2005
- Klement, E./Dyllick, T.: Ökologische Lernprozesse in der Papierkette – Eine Analyse  
anhand von Unternehmensfallstudien bei: Axel Springer Verlag AG, StoraEnso  
und Canfor. IWÖ-Diskussionsbeitrag Nr. 84, St Gallen 2000
- Mantau, U.: Holzrohstoffbilanz Deutschland – Bestandsaufnahme 2002. Hamburg 2004
- Mantau, U./Sörgel, C.: Standorte der Holzwirtschaft – Holzschliff- und  
Zellstoffindustrie. August 2003
- Müller, J.: Potenzielles Nadelwachholzaufkommen in Norddeutschland und den  
neuen Bundesländern. AFZ-Der Wald 3/2005, S. 126–127, 2005
- o. V.: Deutsche Papierindustrie 2004 trotz Mengenrekord mit schwachen Erträgen.  
EUWID Papier und Zellstoff Nr. 9 v. 02.03.2005, S. 9–10, 2005
- Polley, H./Hennig, P./Schwitzgebel, F.: Holzvorrat, Holzzuwachs und Holznutzung –  
Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur. AFZ-Der Wald 3/2005,  
S. 111–113. 2005
- Sklarek, Paul, IG BCE – Persönliche Auskunft, 2005
- Tiedemann, A.: Ökobilanzen für graphische Papiere – Vergleich von Verwertungs- und  
Beseitigungsverfahren für graphische Altpapiere sowie Produktvergleiche für Zei-  
tungsdruck-, Zeitschriften- und Kopierpapiere unter Umweltgesichtspunkten.  
Berlin 2000
- Verband der deutschen Säge- und Holzindustrie – Persönliche Mitteilung, 2005
- Verband der Papierindustrie (VDP): Leistungsbericht 2004
- Verband der Papierindustrie (VDP): Papier Kompass 2004



# Verpackungsprodukte

Jörg Müssig

Christoph Hoffmeister

Thomas Schneider \*

---

\* Dipl.-Ing. Christoph Hoffmeister und Dr.-Ing. Jörg Müssig;  
Faserinstitut Bremen e. V. – FIBRE, Am Biologischen Garten 2, 28359 Bremen,  
[www.faserinstitut.de](http://www.faserinstitut.de)  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Schneider; Faserinstitut Bremen e. V./  
jetzt tätig: FHTW Berlin, FB5, Produktionsplanung und -steuerung,  
Fertigungsorganisation, Wilhelminenhof 76/77, 12459 Berlin  
Ansprechpartner/corresponding author: Jörg Müssig





---

# Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| <b>Verpackungsprodukte .....</b>                    | <b>391</b> |
| <b>Abbildungen .....</b>                            | <b>394</b> |
| 1 Zusammenfassung .....                             | 395        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten .....           | 399        |
| 3 Analyse des Marktes .....                         | 404        |
| 3.1 Kunststoffverpackungen .....                    | 404        |
| 3.2 Holzverpackungen .....                          | 412        |
| 3.3 Polymere aus Nawaro in der Landwirtschaft ..... | 413        |
| 3.4 Rahmenbedingungen und Wettbewerbsdynamik .....  | 416        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen .....        | 420        |
| 5 Quellenverzeichnis .....                          | 421        |

## Abbildungen

|   |     |
|---|-----|
| Marktkriterien und ihre Ausprägung<br>im Bereich Verpackungsprodukte .....  | 397 |
| Übersicht über den Markt für Verpackungsprodukte.....   | 398 |
| Marktanteile der Werkstoffe im Verpackungsbereich in<br>Deutschland seit 1970 und 2003.....   | 399 |
| Umsatz von Polymerwerkstoffen im Verpackungsbereich<br>in Deutschland 1993 bis 2003.....  | 400 |
| Anwendungsbereiche für Polymerwerkstoffe 2002 und 2003 .....  | 400 |
| Wertschöpfungsketten Verpackungsprodukte .....  | 401 |
| Absatz von Kunststofffolien und -tafeln und ähnlichen<br>Halbzeugen aus deutscher Produktion 2003 .....   | 403 |
| Weltweite Produktionskapazitäten für biologisch abbaubare<br>Polymerwerkstoffe.....   | 405 |
| Wettbewerbssituation der Kunststoffverpackungsindustrie<br>in Deutschland 2003.....   | 406 |
| Rechenbeispiel für den Vergleich von Rohstoff- und<br>Entsorgungskosten für Verpackungsprodukte aus nicht<br>kompostierbaren petrochemischen Rohstoffen und aus<br>kompostierbaren Nawaro ..... | 407 |
| Marktanteile der verschiedenen biologisch<br>abbaubaren Werkstoffe .....  | 411 |
| Produktion von Holzverpackungen in Deutschland 2001 bis 2003 .....  | 412 |
| Einsatz petrochemischer Produkte im Gartenbau und in der<br>Landwirtschaft im Vergleich zum potenziellen Einsatz biologisch<br>abbaubarer Produkte .....  | 415 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Nawaro im Verpackungsbereich .....   | 419 |

## 1 Zusammenfassung

Der deutsche Markt für Verpackungsmaterialien (VPM) erzielte 2003 einen **Umsatz von ca. 23 Mrd. €**. Das größte Marktsegment stellen Verpackungen aus Kunststoff dar, der die klassischen Werkstoffe wie Glas und Metall zunehmend substituiert. Die **Kunststoffverpackungsindustrie** ist charakterisiert durch wenige Rohstoffanbieter und etwa 1.200 kleine und mittelständische Verpackungshersteller mit insgesamt ca. 66.000 Mitarbeitern. In der Kostenstruktur dominieren die Rohstoffkosten mit 30 bis 70 %. Die Exportquote liegt mit ca. 40 % vergleichsweise hoch. Die **Palettenindustrie** und die **Kistenhersteller** sind traditionell klein- und mittelständisch strukturiert. Lediglich 15 % der Unternehmen setzen mehr als 5 Mio. € um.

Im Jahr 2003 wurden **3,4 t Mio. Kunststoffverpackungen** mit einem Wert von 9,4 Mrd. € vermarktet. Das Marktwachstum von jährlich 5 % in den Jahren 1999 bis 2003 ist insbesondere auf Substitutionseffekte zurückzuführen. Der Markt für **Verpackungen aus Holz** wuchs in den Jahren 1999 bis 2003 um 2,8 %. In 2003 wurden 55 Mio. Paletten und 0,72 Mio. m<sup>3</sup> Holz für Kisten abgesetzt.

Für Nawaro wirtschaftlich interessant sowie technisch realisierbar sind die Produktgruppen Folien, Flaschen und Taschen, Mulchfolien und Pflanztöpfe sowie Holzpaletten und -kisten. EU-weit wurden 2003 ca. **30.000 t biologisch abbaubare Polymere** in der Verpackungsindustrie eingesetzt.

Für die Produktion von abbaubaren VPM werden zu 75 % Stärke, zu 13 % Cellulose und zu 12 % petrochemisch basierte Rohstoffe verwendet. Paletten und Kisten werden aus **Nadel-Schnittholz** hergestellt, wobei die **Konkurrenzfähigkeit** für deutsches Schnittholz durch eine hohe Automatisierung und dementsprechend niedrige Personalintensität **gegeben** ist. Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Forstwirtschaft kann aber durch eine Optimierung der Betriebsgrößen und der Wertschöpfungskette sowie durch eine gezielte Bereitstellung der am Markt geforderten Qualitäten weiter verbessert werden.

Die Substitution von Verpackungen aus Glas, Metall, Papier und Pappe durch Kunststoffe hält an. Für **biologisch abbaubare Verpackungen** wird durch die Novellierung der Verpackungsverordnung (VVO) und der damit verbundenen Freistellung von der Rücknahmepflicht bis

2012 mit einem **sehr starken Wachstum** gerechnet.<sup>1</sup> Der Einsatz von Nawaro als VPM wird zu einer deutlichen Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes (TPS gegenüber PE) führen. Am Markt etablierte Nawaro-VPM werden mittelfristig durch Skaleneffekte mit petrochemischen Polymeren preislich konkurrieren können. Die Zunahme des Handelsaufkommens wird zu einem Marktwachstum für Holzverpackungen führen.

Wie die Zahlen in der Tabelle (s. S. 397) verdeutlichen, wird im Markt für Verpackungen aus Nawaro-Polymeren ein relativ starkes Wachstum erwartet. Eine zunehmende Substitution durch VPM aus Nawaro führt zu einer deutlichen Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes.

### **Übersicht über den Markt für Verpackungsprodukte**

Eine wesentliche Markteintrittsbarriere für VPM auf der Basis von Nawaro, die die Eigenschaft der Kompostierbarkeit aufweisen, war die Verpackungsverordnung. Seit Mai 2005 ist in Deutschland jedoch der Weg frei für Verpackungen aus kompostierbaren Nawaro. Die novellierte Form der VVO hat keine Übergangsregelung für VPM aus Nawaro, die nicht kompostierbar sind. Weitere wesentliche Treiber sind für die einzelnen Märkte in der nachfolgenden Tabelle (s. S. 398) zusammengefasst.

---

1 Die novellierte Form der Verpackungsverordnung gibt nur eine Freistellung für biologisch abbaubare Verpackungen bis 2012. Hierbei steht die biologische Abbaubarkeit (und hierbei insbesondere die Kompostierbarkeit) und nicht die Art der Rohstoffquelle (petrochemisch oder nachwachsend) im Vordergrund. Nawaro-VPM, die nicht biologisch abbaubar sind, werden nach § 6 behandelt.

| Kriterien   | Verpackungen aus Kunststoff   | Mulchfolien und Pflanztöpfe aus Kunststoff  | Paletten und Kisten aus Holz  |
|---|---|---|---|
| <b>Marktgröße in 2004 in D</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 € Nawaro von</li> <li>• 9,4 Mrd. € (2003)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 € Nawaro von</li> <li>• 50 Mio. € (2003)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 590 Mio. € von</li> <li>• 590 Mio. €</li> </ul>  |
| <b>Marktwachstum</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 188 Mio. €</li> <li>• bis 2020: 15 %</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 18 Mio. €</li> <li>• bis 2020: 20 %</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 3 %</li> <li>• bis 2020: stagnierend</li> </ul>  |
| <b>Absatz- und Einkommenspotenzial für dt. Land- u. Forstwirtschaft</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2004: 0 t / 0 €</li> <li>• 2010: 75.000 t Stärke (*)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2004: 0 t / 0 €</li> <li>• 2010: 7.000 t Stärke</li> <li>• Umsatz: 2 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2004: 3,6 Mio. m<sup>3</sup> (Rohholz)</li> <li>• Umsatz: ca. 170 Mio. €</li> </ul>                          |
| <b>Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- u. Forstwirtschaft</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutscher Stärkekartoffelanbau international führend, 30 % der EU-Stärke wird in Niedersachsen angebaut</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. ›Verpackungen aus Kunststoff‹</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anhaltender Kosten- und Wettbewerbsdruck wegen steigender Preise der Holzwerkstoffe und Rohstoffe</li> </ul> |
| <b>F&amp;E Defizite</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundpolymere sind entwickelt, Bedarf bei Additiven, Compounds und Verfahrensanpassung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. ›Verpackungen aus Kunststoff‹</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau eines Kompetenzzentrum für die Branche</li> </ul>   |
| <b>Risiken</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akzeptanzproblem bei mangelhafter Verbraucherinformation</li> <li>• Aufbau eines flächendeckenden Kompostierungsystems</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Bodeneintrag von Beiprodukten (Additive) muss bewertet und gesetzlich geregelt werden (z. B. Düngemittelverordnung)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mautkosten führen zu Kostendruck</li> </ul>  |
| <b>Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3,8 kg/kg CO<sub>2</sub>-Reduktion (TPS gegenüber PE)</li> <li>• FB 7.500 ha (10 t Stärke/ha)</li> <li>• Zusätzlicher Beitrag zu Kartoffel-Monokulturen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. ›Verpackungen aus Kunststoff‹</li> <li>• FB 700 ha</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holz als CO<sub>2</sub>-Senke</li> <li>• FB: 0,45 Mio. ha (8m<sup>3</sup>/ha)</li> </ul>                     |

\* Kartoffeln mit 18 % Stärkegehalt

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Verpackungsprodukte

|                   | Verpackungen aus Kunststoff  | Mulchfolien und Pflanztöpfe aus Kunststoff   | Paletten und Kisten aus Holz  |
|-------------------|--|--|---|
| Nawaro Marktgröße | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 € (2004)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 € (2004)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 590 Mio. € (2004)</li> </ul>   |
| Marktwachstum     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 188 Mio.€</li> <li>• bis 2020: 15 %</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 18 Mio. €</li> <li>• bis 2020: 20%</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 3%</li> <li>• 2020: stagnierend</li> </ul>   |
| Treiber           | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Senkung der Entsorgungskosten durch Verwertung alternativ zum bestehenden Entsorgungsweg seit der Novellierung der VVO / Mai 2005</li> <li>+ Verbesserung der Konkurrenzfähigkeit von Nawaro bei steigenden Preisen erdölbasierter Rohstoffe</li> <li>+ Hohe Kundenakzeptanz durch Verbraucherinformation über die ökologischen Vorteile</li> <li>+ Schneller, nachhaltiger Start eines flächendeckenden Kompostierungssystems</li> <li>+ Möglichkeit der thermischen Verwertung</li> <li>- Bioabfall- und Düngemittelverordnung</li> </ul> | <p>Zusätzlich zu den Treibern der ›Verpackungen aus Kunststoff‹:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Zusätzliche wirtschaftliche Attraktivität für Baumschulen sowie Landwirtschafts- und Pflanzbetriebe durch Reduzierung des Handlings</li> <li>+ Preissprung bei nicht-kompostierbaren Konkurrenzprodukten durch Zwang zur Aufnahme in das DSD-System</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Marktwachstum durch zunehmenden Handel und Umschlag</li> <li>- Einfuhrbestimmungen, die zu einem Werkstoffwechsel z. B. zum verstärkten Einsatz von Kunststoffpaletten führen</li> </ul> |

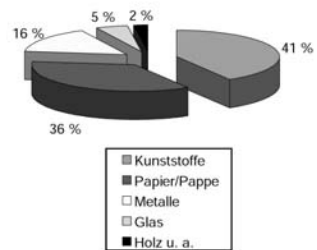
Abbildung: Übersicht über den Markt für Verpackungsprodukte

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Der Markt für Werkstoffe im Verpackungsbereich hat sich in den letzten Jahren stark verändert.<sup>2</sup> Gewinner dieser Entwicklung sind Kunststoffprodukte. Der größte Umsatz im Verpackungsbereich wird mit Kunststoffprodukten auf der Basis von Folien gemacht. Der Markt für Holzverpackungen entwickelt sich im Unterschied zu den Werkstoffen Pappe, Papier, Metalle und Glas auf niedrigem Niveau stabil.

Entsprechend der zusammengefassten Werte in der folgenden Tabelle hat sich der Werkstoffeinsatz im Verpackungsbereich stark zugunsten der Kunststoffprodukte verändert.

|              | 1970 | 1995 | 2000 | 2003 |
|--------------|------|------|------|------|
| Kunststoffe  | 20,6 | 31,9 | 37,2 | 41,3 |
| Papier/Pappe | 45,6 | 38,9 | 37,1 | 35,6 |
| Metalle      | 21,3 | 19,4 | 17,8 | 15,9 |
| Glas         | 9,4  | 7,4  | 5,5  | 5,1  |
| Holz u. a.   | 3,1  | 2,4  | 2,4  | 2,1  |



Angaben in % des Produktionswerts inklusive Exporte  
Quelle: Angaben vom GADV/RKW und Schätzungen vom IK (2005)

Abbildung: Marktanteile der Werkstoffe im Verpackungsbereich in Deutschland seit 1970 und 2003

<sup>2</sup> Angaben vom GADV/RKW und Schätzungen vom IK (2005)



| Jahr              | Menge      |               | Wert in Mio. € |               |
|-------------------|------------|---------------|----------------|---------------|
|                   | in 1.000 t | Anderung in % | in Mio. €      | Anderung in % |
| 1993              | 2.099      | 1,2           | 5.991,8        | - 4,5         |
| 1994              | 2.207      | 5,1           | 6.092,6        | 1,7           |
| 1995 <sup>1</sup> | 2.350      | –             | 6.749,1        | –             |
| 1996              | 2.320      | - 1,3         | 6.356,9        | - 5,8         |
| 1997 <sup>2</sup> | 2.559      | 10,4          | 7.046,1        | 10,8          |
| 1998              | 2.591      | 1,3           | 7.244,0        | 2,8           |
| 1999              | 2.706      | 4,4           | 7.385,1        | 1,9           |
| 2000              | 2.947      | 8,9           | 8.371,9        | 13,4          |
| 2001              | 3.134      | 6,3           | 8.650,0        | 3,3           |
| 2002              | 3.416      | 9,0           | 9.094,0        | 5,1           |
| 2003 <sup>3</sup> | 3.530      | 3,3           | 9.430,0        | 3,7           |

Quelle: IK-Verband zitiert in Emminger, 2004

Abbildung: Umsatz von Polymerwerkstoffen im Verpackungsbereich in Deutschland 1993 bis 2003

Wie in der folgenden Tabelle dargestellt, wird der größte Umsatz im Verpackungsbereich mit Kunststoffprodukten auf der Basis von Folien gemacht.

| Verpackungsgruppen                               | Menge  |        | Wert in Mio. € |       |
|--|--------|--------|----------------|-------|
|  | 2002   | 2003   | 2002           | 2003  |
| Verpackungsfolien (1.000 t)                      | 1.502  | 1.533  | 3.590          | 3.646 |
| Beutel, Tragetaschen, Säcke (1.000 t)            | 418    | 408    | 1.023          | 1.026 |
| Flaschen (Mio. Stück)                            | 10.547 | 10.834 | 907            | 942   |
| Becher, Dosen, Eimer, Kästen, Steigen (1.000 t)  | 376    | 427    | 1.230          | 1.304 |
| Verschlüsse (1.000 t)                            | 243    | 256    | 1.039          | 1.088 |
| Hülsen & Spulen (1.000 t)                        | 80     | 74     | 393            | 392   |
| Fässer, Kanister, Transportbehälter (Mio. Stück) | 1.691  | 1.770  | 762            | 877   |
| Sonstige (1.000 t)                               | 68     | 75     | 150            | 155   |
| Kunststoffpackmittel gesamt (1.000 t)            | 3.416  | 3.530  | 9.094          | 9.430 |

Quelle: Statistisches Bundesamt und IK zitiert in Emminger, 2004

Abbildung: Anwendungsbereiche für Polymerwerkstoffe 2002 und 2003

In Anlehnung an die Verpackungsordnung kann der Markt u. a. in die Segmente Verkaufsverpackungen, Umverpackungen, Transportverpackungen, Mehrweg- und Einwegverpackungen unterteilt werden. Aus der Sicht des Gesetzgebers ist insbesondere der Bereich Einweggeschirr und -besteck für die Anwendung von Nawaro interessant. Ein großes Potenzial für Nawaro besteht bei der Herstellung kurzlebiger Verpackungsprodukte für frische Lebensmittel (u. a. Folien, Becher, Beutel). Das Leistungsprofil der biologisch abbaubaren Werkstoffe eignet sich hervorragend für die Herstellung von Tragetaschen sowie von Catering- und Service-Produkten.<sup>3</sup> Holz hat als Rohstoff für Paletten und Kisten nach wie vor eine dominante Rolle im Bereich Transportverpackungen.

In der folgenden Analyse werden insbesondere Verpackungen für den Lebensmittelbereich (Folien, Becher, Beutel), Verpackungen für den Konsumbereich (Tragetaschen) sowie Transportverpackungen (Paletten, Kisten und Folien) betrachtet.

| Teilmärkte           | Wertschöpfungsketten   |
|----------------------|--|
| Folien               | • Granulat – Extrusion – Folienblasanlagen – Recken – Konfektionieren            |
| Tragetaschen, Beutel | • ähnlich Folien, Konfektionierung enthält das Verschweißen                      |
| Tiefzieh-schalen     | • Folien (s. o.) aus Werkstoffen, die tiefziehfähig sind – Tiefziehen – Besäumen |
| Holzpaletten         | • Holz: gesägte Holzteile – Fügen  |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Verpackungsprodukte

Die in hohem Maße effiziente **Herstellung und Verarbeitung von Kunststoffen** setzt die Maßstäbe für die Verarbeitung der Nawaro im Verpackungsbereich. Aus den Grundsubstanzen Ethylen (PE) oder Propylen (PP), die in Raffinerie-Gasanlagen gewonnen werden, entstehen durch Polymerisation unter Zufügung von Additiven Kunststoffgranulate mit spezifischen Eigenschaften. Bei der PVC-Herstellung erfolgt die

3 vgl. Káb, 2005

Additivmischung in der Regel beim Weiterverarbeiter. Das Granulat wird in einer einzigen Produktionsstufe zur Verpackung weiterverarbeitet. Insgesamt ist die Kunststoffherstellung durch folgende Rahmenbedingungen gekennzeichnet:

- große Investition, hoher Anlagen-Durchsatz,
- hohe Automatisierung, wenig personalintensiv,
- hohe Werkstoffkosten 30 bis 70 %, <sup>4</sup>
- direkte Abhängigkeit vom Ölpreis,
- großer Energiebedarf bei der Granulatherstellung, hohe Prozesskosten.

Eine **Prozessoptimierung** ist durch eine bessere Rohstoffausnutzung, eine Ausschussminimierung und eine Wandstärkenreduktion der Produkte zu erzielen. Die Polymere bzw. Additive müssen sowohl hinsichtlich Umformbarkeit und Wanddickenreduzierung an bestehende Verfahrenstechniken sowie hinsichtlich Schlagzähigkeit, Reißfestigkeit, Diffusion etc. an die Produktfunktion angepasst werden. Wichtiges Ziel in der Kunststoffverarbeitung ist eine verbesserte Rohstoffeffizienz, die durch leistungsfähigere Verarbeitungsmaschinen und optimierte Verarbeitungsprozesse zu erreichen ist. Durch die Optimierung der Wandstärke konnten im Verpackungsbereich 300.000 t Kunststoffe eingespart werden.<sup>5</sup> Die breite Markteinführung von biologisch abbaubaren Werkstoffen wird noch sowohl durch höhere Kosten als auch durch die eingeschränkten technischen Anwendungsprofile gebremst.<sup>6</sup>

Aufgrund der starken Kundenwahrnehmung sind Verpackungen, mehr als andere Produkte, **Imageträger für Gesundheit und Umwelt**. Unter **ökologischen Aspekten** ist der Einsatz von Bioverpackungen wie folgt zu betrachten: Die Menge an Verpackungswerkstoffen aus Kunststoff ist enorm groß; von den 36 Mio. t Kunststoff, die in Westeuropa produziert werden, gehen 37 %, also 13,3 Mio. t, in den Verpackungsmarkt; der Verpackungsmarkt ist in Deutschland mit ca. 2,5 Mio. t der größte Markt der Kunststoffindustrie.<sup>7</sup>

Die Kunststoffherstellung an sich ist zwar energieintensiv, „allerdings gehen ca. 95 % Erdöl in energetische und 5 % in stoffliche Anwendun-

---

4 vgl. IK, 2005

5 vgl. Emminger, 2004

6 vgl. Käß, 2004

7 laut GADV/RKW und IK-Schätzung, 2005

gen“.<sup>8</sup> Die ökologische Bewertung von Verpackungsprodukten aus **petrochemisch hergestellten Kunststoffen** ist sehr komplex, da ein Teil dieser Produkte biologisch abbaubar ist. Deshalb ist eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen, heute eingesetzten Kunststoffe notwendig („PVC  $\neq$  PE“). Bei der Betrachtung des Absatzes von Kunststofffolien und -tafeln u. ä. aus deutscher Produktion im Jahr 2003 fällt der nach wie vor hohe Anteil von PVC auf.

|           | in 1.000 t |             | in 1.000 t |
|-----------|------------|-------------|------------|
| LD-PE     | 720        | PET         | 85         |
| HD-PE     | 156        | PA          | 19         |
| PP        | 275        | PC          | 21         |
| PS        | 157        | Mehrschicht | 436        |
| PVC hart  | 258        | Sonstige    | 63         |
| PVC weich | 136        |             |            |
| Summe     | 2328       |             |            |

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005

Abbildung: Absatz von Kunststofffolien und -tafeln und ähnlichen Halbzeugen aus deutscher Produktion 2003

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Rezyklierung sowie die thermische Verwertung von petrochemischen Rohstoffen in der Regel immer möglich sind. Beim dualen System stellt sich allerdings vor dem Hintergrund des Aufwands für das „Waschen und Sortieren“ der Abfallprodukte die Frage, ob die stoffliche oder werkstoffliche Verwertung im Hinblick auf den Aufwand ökologisch sinnvoll ist.<sup>9</sup>

Der **Ersatz** petrochemischer Produkte **durch Nawaro** ist aufgrund der Marktgröße unter ökologischen Gesichtspunkten durchaus attraktiv. Außerdem spricht die gewollte Kurzlebigkeit von Produkten der Verpackungsindustrie für den Einsatz biologisch abbaubarer Produkte. Sofern Nawaro in Form eines sowohl hinsichtlich der Kosten als auch der Qualität konkurrenzfähigen Granulats verfügbar sind, ist eine Umstellung der

8 vgl. Stryjewski, 2005

9 vgl. Stryjewski, 2005

Produktion einfach. Das bisher größte Hemmnis für den Einsatz von Verpackungen aus Nawaro stellte die Verpackungsverordnung dar. Mit der Novelle der Verpackungsverordnung ist der Entsorgungsweg für kompostierbare VPM außerhalb DSD möglich. Die nächsten Schritte zur Änderung der Bioabfall- und Düngemittelverordnung können den Einsatz von Nawaro forcieren, bedürfen aber einer weiteren intensiven Arbeit.<sup>10</sup> Unterschiedliche Verwertungswege sind hierbei in Zukunft zu eruieren. Für Verpackungen aus Nawaro ist das Kompostieren erst sinnvoll, wenn die entsprechende Logistik vorhanden ist.<sup>11</sup>

### 3 Analyse des Marktes

#### 3.1 Kunststoffverpackungen

Mit rund 50 % des Produktionswerts stellt der **Folienbereich** den **größten Sektor** im Markt für Kunststoffpackmittel dar. Der IK-Verband weist aus, dass 29,5 % aller eingesetzten Kunststoffe für Verpackungen verwendet werden. Die Kunststoffpackmittelindustrie hat eine Exportquote von über 40 %. Allerdings werden Standardprodukte zukünftig aus Niedriglohnländern importiert werden. Aufgrund des Transportvolumens sind hiervon vor allem Folien, Beutel, Tragetaschen und Säcke und weniger Hohlkörper (Flaschen, Kanister etc.) betroffen. Denn während Hohlkörper einen normalen LKW-Zug nur mit 1 bis 2 t belasten, nutzen Folienrollen die Ladekapazität von 20 t in vollem Umfang aus.<sup>12</sup>

Nach Schätzungen des IBAW betrug die **Nachfrage nach biologisch abbaubaren Polymerwerkstoffe** in Westeuropa im Jahr 2001 ca. 25.000 t (ca. 0,2 %). Im Jahr 2003 lag die erwartete Nachfrage bei **40.000 t**. Der Verbrauch in Japan und in den USA belief sich in 2002 schätzungsweise auf jeweils 10.000 t.<sup>13</sup> Der Markt für Biokunststoffe **wächst international sehr stark**, während er sich in Deutschland noch im Aufbau befindet.

Der Industrieverband Kunststoffverpackungen (IK-Verband) geht davon aus, dass 2004 insgesamt **700 Betriebe** mit rund 60.000 Mitarbeitern Kunststoffverpackungsmittel herstellten. Hinzu kommen etwa 500 kleinere Betriebe mit weniger als 20 Mitarbeitern, so dass dieser Industriesek-

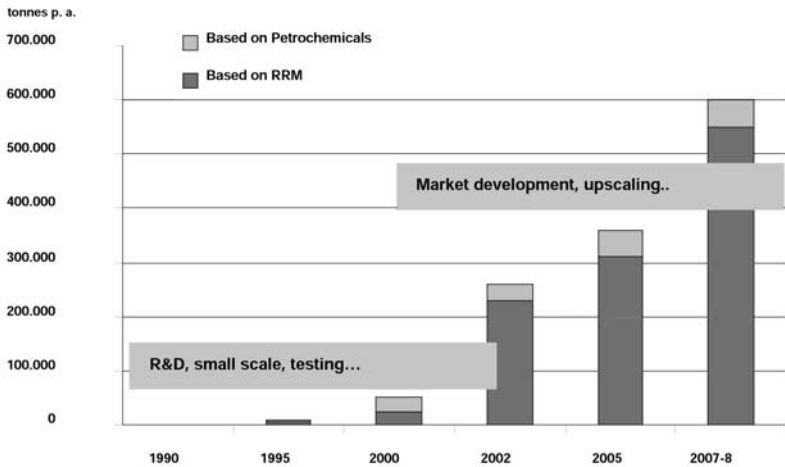
---

10 vgl. Käß, 2005

11 vgl. Stryjewski, 2005

12 vgl. Emminger, 2004

13 vgl. Käß, 2004



Quelle: IBAW, 2005 – eigene Darstellung

Abbildung: Weltweite Produktionskapazitäten für biologisch abbaubare Polymerwerkstoffe

tor insgesamt 66.000 Beschäftigten zählt.<sup>14</sup> Da es sich bei den Granulatherstellern in der Regel um Unternehmen der Großchemie mit Nähe zur petrochemischen Industrie handelt, besteht eine Verflechtung der Produktionsstufen. Die VPM-Herstellung an sich ist eine „einstufige Produktion“ mit „geringen Margen“. Umsatzsteigerungen sind vor allem auf eine Exportzunahme von 8 % im Jahr 2004 zurückzuführen.<sup>15</sup>

Da die Ertragslage der Hersteller im Kunststoffverpackungsmarkt primär durch die bei der Produktion anfallenden **Rohstoffkosten** und **Energiekosten** beeinflusst wird, arbeiten die Betriebe ständig an einer Optimierung der Werkstoffe und Prozesse. So können durch eine Verbesserung der Werkstoffe eine schnellere Verarbeitung und damit höhere Anlagendurchsätze erzielt und somit Kosten gesenkt werden. Weiterhin soll eine Werkstoffoptimierung zur Einsparung von Rohstoffen

<sup>14</sup> vgl. Emminger, 2004

<sup>15</sup> vgl. IK, 2005

|                              | Folien,<br>Schläuche,<br>Profile* | Sonstige<br>Packmittel |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Betriebe                     | 560<br>(700)                      | 374                    |
| Beschäftigte                 | 72.960<br>(60.000)                | 36.989                 |
| Löhne und Gehälter<br>Mio. € | 2.535                             | 1.132                  |
| Umsatz Mio. €                | 14.110                            | 5.714                  |
| davon im Ausland             | 6.300                             | 1.836                  |

\* Werte in Klammern betreffen Profile; Quelle: K-VP-Industrie (IK), 2005

Abbildung: Wettbewerbsituation der Kunststoffverpackungsindustrie in Deutschland 2003

beitragen. Dies ist besonders relevant, weil Polymerwerkstoffe erheblichen Preisschwankungen unterliegen, die in den Jahren 2000 bis 2003 für PE-HD über 60 % betragen.<sup>16</sup> Insbesondere der steigende Erdölpreis erklärt das zunehmende Interesse an VPM aus Nawaro, wobei im Falle einer Substitution die Werkstoffeigenschaften der Standardkunststoffe zu berücksichtigen sind.<sup>17</sup>

Hohe **Investitionen** in die erforderlichen relativ großen Produktionsanlagen und Maschinen erschweren den **Markteintritt** für neue Firmen. Kleinere Unternehmen arbeiten überwiegend im Bereich der Konfektionierung. Neue Werkstoffe oder Halbzeuge aus Nawaro müssen daher **ohne Umstellkosten** auf den vorhandenen Maschinen verarbeitet werden können. Bei der Berechnung des Produktionswerts muss sowohl bei als Halbzeug eingesetzten Folien für flexible Verpackungen als auch bei Hohlkörpern die Wertschöpfung der Konfektionierung in den Abfüllbetrieben berücksichtigt werden. Denn in diesen Fällen wird das zugelieferte Halbzeug (Preforms) im Abfüllbetrieb kurz vor dem Abfüllen zum Behältnis aufgeblasen.<sup>18</sup>

---

16 vgl. Crössmann, 2003

17 vgl. IBAW, 2005b

18 vgl. Emminger, 2004

Eine entscheidende Rolle für den Einsatz von Nawaro spielt der **Rohstoffpreis**. Bisher hat die Infrastruktur der Kunststoffrecycling den Markt bzw. Preis für Nawaro negativ beeinflusst. In der neuen Variante der Verpackungsverordnung wird § 6 für VPM aus Nawaro ausgeschaltet, wodurch die rechtliche Klärung für eine Entsorgung außerhalb des DSD gegeben ist. Somit können die unterschiedlichen Entsorgungsmöglichkeiten genutzt werden, um die Preisunterschiede zwischen Verpackungen aus petrochemischen konventionellen Rohstoffen einerseits sowie aus kompostierbaren Werkstoffen andererseits zu reduzieren.<sup>19</sup>

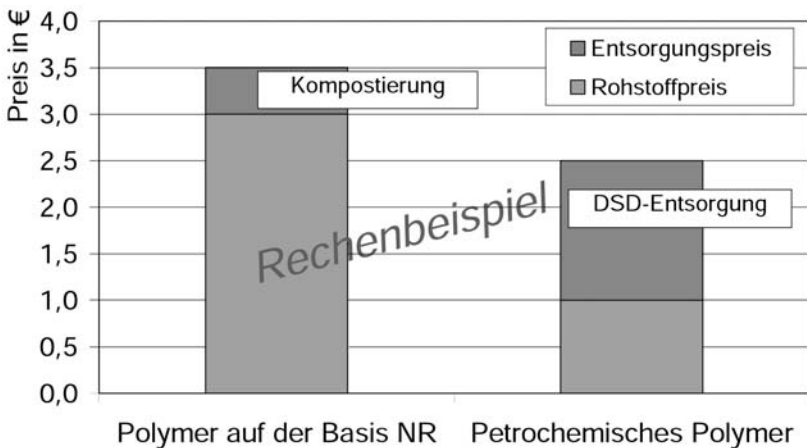


Abbildung: *Rechenbeispiel für den Vergleich von Rohstoff- und Entsorgungskosten für Verpackungsprodukte aus nicht kompostierbaren petrochemischen Rohstoffen und aus kompostierbaren Nawaro*

Die Grafik (s. o.) stellt die Möglichkeiten zum Abbau der Rohstoffpreisunterschiede zwischen Verpackungen aus nicht kompostierbaren petrochemischen und kompostierbaren Nawaro dar, die in der alten Verpackungsverordnung keine Berücksichtigung fanden. Hierbei handelt es

<sup>19</sup> vgl. IBAW, 2005a



sich um eine vereinfachte Betrachtung, die im Folgenden kritisch gewürdigt werden soll.

In der am 28. Mai 2005 in Kraft getretenen Novelle der **Verpackungsverordnung (VVO)** werden zertifizierte kompostierbare Kunststoffverpackungen im Paragrafen 6 ausgenommen. Demnach muss für kompostierbare Verpackungen keine flächendeckende Entsorgung gewährleistet sein, und es sind auch keine Quoten oder Optionen für die Verwertung zu erfüllen. Hersteller und Vertreiber müssen jedoch sicherstellen, dass ein möglichst hoher Anteil der Verpackungen einer Verwertung zugeführt wird. Verpackungen mit dem Kompostsiegel können gemäß dieser Ausnahmeregelung bis zum Jahr 2012 vom Verbraucher in die Biotonne, in den Gelben Sack (DSD) oder auch in den Restmüll geworfen werden.<sup>20</sup>

**IBAW** will in diesem Zeitraum einen **eigenen Verwertungsweg** aufbauen, der sich in drei Phasen gliedert:

1. Phase: Start der Markteinführung begünstigt durch die Sonderregelung.
2. Phase: Bei wachsendem Anteil dieser Produkte soll ein eigenes Konzept für die Verwertung erarbeitet werden.
3. Phase: Die in den Verkehr gebrachten Mengen erlauben die Rücknahme, wie in Paragraf 6 der heute gültigen VVO definiert.

In diesem Zusammenhang sind die Interessen von Interseroh und DSD zu erwähnen. **Interseroh** zieht die Kompostierung vor und führt hierfür insbesondere ökonomische Gründe an. Es besteht aber auch die Bereitschaft, andere Konzepte der Entsorgung (z. B. auch in Kooperation mit DSD) vorzubringen. Es soll eine produktnutzenabhängige Entsorgung aufgebaut werden, bei der unterschiedliche Entsorgungs- und Verwertungswege gleichberechtigt entwickelt werden können. In Hinblick auf die Kompostierung müssen einige wichtige Gesetze geändert werden.<sup>21</sup> Dies scheint allerdings ein komplizierter Prozess zu sein, der auch vom IBAW als eher sehr langwierig betrachtet wird.<sup>22</sup>

Bei einer Erfassung von biologisch abbaubaren VPM über die „Gelbe Tonne“ kann bei einer lizenzierten Menge von ca. 20.000 t/a eine Aussor-

---

20 vgl. GA, 2005

21 vgl. Interseroh, 2005

22 vgl. Káb, 2005

tierung über das **DSD** erfolgen. DSD erhofft sich hierbei insbesondere dann Vorteile, wenn diese Abfallmenge mit hohem Nawaro-Anteil als Brennstoff mit CO<sub>2</sub>-Vorteil gehandelt werden kann. Die Kosten bei DSD entstehen insbesondere durch den Sammelprozess (Aufstellen der Tonne, Abholung etc.), während die Sortierung die geringsten Kosten verursacht. Bei einer Verwertung durch Kompostierung müssen auch die Logistikkosten berücksichtigt werden. DSD hält für VPM aus Nawaro einen relativ niedrigen Einstiegspreis für möglich, der bei steigenden Mengen auf einen normalen Preis angehoben werden kann.<sup>23</sup>

Es besteht die Erwartung, dass sich der **Preis für Nawaro** durch Skaleneffekte **deutlich senken** lässt.<sup>24</sup> Die Wettbewerbsfähigkeit hat sich in den letzten Jahren stark verbessert, wobei vor allem Compounds und weniger Eigenentwicklungen ein Potenzial aufweisen.<sup>25</sup> Ein positives Beispiel hierfür ist die Firma novamont, die in Sachen TPS (thermoplastische Stärkewerkstoffe) 15 Jahre Forschungswissen aufgebaut hat und über einige sehr gut entwickelte und handhabbare Grundtypen verfügt. Die **technischen Eigenschaften** von Nawaro sind für kurzlebige Produkte gegeben, aber für langlebige Produkte mit dauerhafter Lagerung (z. B. Ketchup-Flasche) sind sie problematisch. Ein Potenzial für Nawaro besteht auch dort, wo die funktionalen Eigenschaften der biologisch abbaubaren Polymerwerkstoffe (z. B. Sauerstoffdichte, hohe Wasserdampfdurchlässigkeit, elektrische Eigenschaften) Produktvorteile bringen. Bei diesen Produkten nimmt der Konsument oder Anwender die biologische Abbaubarkeit gar nicht wahr, sondern nutzt die technischen Eigenschaften.<sup>26</sup>

Die **Verbraucher** stehen Verpackungen aus Nawaro durchaus positiv gegenüber,<sup>27</sup> wollen allerdings für diese Produkte nicht mehr bezahlen, so dass ein deutlicher Widerspruch zwischen Aussage und Verhalten besteht. Ein Schwachpunkt stellt auch die fehlende Vermarktung dar.<sup>28</sup> Es muss allerdings bedacht werden, dass Marketing sehr teuer ist und in der Regel wenig gefördert wird. So führt der IBAW mit dem Handel eine in-

---

23 vgl. DSD, 2005

24 vgl. Káb, 2005

25 vgl. IBAW, 2005b

26 vgl. Káb, 2005

27 vgl. Modellprojekt Kassel, 2005

28 vgl. Stryjewski, 2005

tensive Diskussion um die Einführung des IBAW-Markenzeichens („Keimling-Logo“). Bisher akzeptiert der Handel nur das DSD-Zeichen.

Die **Verhandlungsmacht der Abnehmer für Verpackungen**, bei denen es sich oft um Handelsketten handelt, ist **stark**. Dabei ist die Kalkulation der Kosten für Verpackungen transparent, und es wird auf der Basis kleiner Margen verhandelt.<sup>29</sup> Es ist zu erwarten, dass der Handel bei entsprechender Kundennachfrage und technischer Zuverlässigkeit keine Vorbehalte gegen Nawaro hat. Er wird Nawaro sogar aufgeschlossen gegenüberstehen, wenn diese nicht teurer als Konkurrenzprodukte sind und einen Zusatznutzen bieten. Insbesondere Markenartikler fürchten das Risiko eines Imageschadens durch technisch nicht einwandfreie Produkte. Aufgrund der wachsenden Preissensibilität der Endverbraucher sowie aufgrund des starken Konkurrenzkampfes der großen Ketten hängt die Akzeptanz neuer Produkte entscheidend vom Preis ab. Die Endverbraucher stehen Verpackungen aus Nawaro zwar insgesamt positiv gegenüber, wobei allerdings ein Unterschied zwischen Bewusstsein und Kaufverhalten besteht. Da eine gewisse Angst der Verbraucher vor „Unzulänglichkeiten“ der Nawaro-Produkte besteht, stellt die Kundeninformation ein unverzichtbares Instrument des Marketings dar.<sup>30</sup>

Die **Abnehmer von Granulat** sind von großen Chemieunternehmen **abhängig**, wobei Polyolefinprodukte zudem stark vom Ölpreis abhängig sind.

Die **Lieferanten der Verpackungshersteller** sind vernetzt mit der petrochemischen Industrie. Es ist zu erwarten, dass Druck auf die Zulieferindustrie ausgeübt wird, der durch Forderungen der Abnehmer nach Preisreduzierungen durch Produktivitätsfortschritte und durch Bonusforderungen für Produkte in laufenden Serien entsteht.<sup>31</sup>

Produkte aus Nawaro sind **Substitutionsprodukte** für petrochemische Produkte, wobei für Produkte auf der Basis von Polymilchsäure der größte Zuwachs prognostiziert wird. Die weltweite Produktionskapazität für Polymilchsäure-Anlagen, die auf ca. 300.000 t/a geschätzt wird, wird zurzeit bei weitem nicht ausgelastet. Die Nachfrage ist bisher schleppend, so dass die Firma natureworks von 50.000 t produziertem PLA nur

---

29 vgl. Stryjewski, 2005

30 vgl. Stryjewski, 2005

31 vgl. Crössmann, 2003

30.000 t verkaufen konnte. Als Reaktion auf die Novelle der Verpackungsverordnung wird BASF Anfang 2006 seine Kapazität für den Werkstoff Ecoflex in Deutschland um 6.000 t auf 14.000 t/a erhöhen, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass Ecoflex fossil basiert ist.<sup>32</sup>

In der folgenden Tabelle ist die Aufteilung der biologisch abbaubaren Werkstoffe nach Substanz zusammengefasst.

| Verwendete Werkstoffe (EU)     | Anteil 2002 | Menge (Basis: 40.000 t in 2004 EU) |
|--------------------------------|-------------|------------------------------------|
| Stärke, Stärke-Blends          | 74 %        | ca. 30.000 t                       |
| PLA, Cellulose-basiert, andere | 13 %        | ca. 5.000 t                        |
| auf petrochemischer Basis      | 12,5 %      | ca. 5.000 t                        |

Quelle: Karus, 2003

Abbildung: Marktanteile der verschiedenen biologisch abbaubaren Werkstoffe

---

32 vgl. BASF, 2005 und Abifor, 2005

### 3.2 Holzverpackungen

Holz ist nach wie vor ein unverzichtbarer Werkstoff für **Transportverpackungen**. Insbesondere Flachpaletten, Kisten und Verpackungsmaterialien aus Holz zeigen trotz angespannter Wirtschaftlage eine **stabile bis wachsende Entwicklung**.

| Packmittel aus Holz                             | Menge   |         |         | Wert in 1.000 € |         |         |
|---|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|
|   | 2001    | 2002    | 2003    | 2001            | 2002    | 2003    |
| Flachpaletten u. a. in 1.000 St                 | 44.428  | 48.254  | 50.669  | 298.018         | 319.112 | 326.740 |
| Boxpaletten u. a. in 1.000 St                   | 5.303   | 4.573   | 4.828   | 29.299          | 28.614  | 32.921  |
| Kisten u. a. (Holzwerkstoffe) in m <sup>3</sup> | 417.607 | 409.140 | 421.154 | 108.577         | 112.363 | 118.829 |
| VPM mit Holzstoffen in m <sup>3</sup>           | 298.222 | 312.881 | 299.300 | 111.332         | 115.268 | 111.255 |
| Kabeltrommeln in m <sup>2</sup>                 | 56.767  | 48.755  | 49.638  | 23.258          | 2.2011  | 19.878  |
| Fässer u. a. Bottcherwaren in m <sup>3</sup>    | 953     | .       | .       | 268             | .       | .       |
| Packmittel gesamt                               |         |         |         | 570.752         | 597.368 | 609.623 |

Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005

Abbildung: Produktion von Holzverpackungen in Deutschland 2001 bis 2003

Rund 13 % des von der Sägeindustrie erzeugten Nadel-schnittholzes geht in die Verpackungsindustrie. Die deutsche **Holzpackmittel- und Palettenindustrie** ist traditionell **klein- und mittelständisch** strukturiert. Ein großer Teil der Unternehmen beschäftigt weniger als 20 Mitarbeiter. Über 40 % der Firmen erwirtschaften einen Umsatz von jeweils bis zu einer Mio. Euro, lediglich 15 % der Unternehmen setzen mehr als 5 Mio. Euro um.<sup>33</sup>

Die Packmittelindustrie erzeugt die beiden Produktgruppen Holzpackmittel und Paletten. Das Produktangebot im Bereich **Holzpackmittel** umfasst Kisten und Garnituren aus Vollholz und Sperrholz in Serien- oder Einzelfertigung, zerlegbare Mehrwegverpackungen, Verschlüge, Schlitten, Spezialverpackungen aus Holz sowie Kabeltrommeln. **Leichtpackmittel** sind kleinformatige Verpackungen wie Kisten, Steigen, Spankörbe und Schachteln für Obst, Gemüse, Fisch in Standard- und Sonderabmessungen. Zum Produktbereich **Holzpaletten** zählen Standardpaletten und

33 vgl. HDH, 2002

Sonderpaletten als Mehrwegpaletten, Leichtpaletten oder Spezialausführungen für den sicheren Transport von Gütern.<sup>34</sup> Hierbei entspricht 1 m<sup>3</sup> (ca. 0,5 t) Schnittholz ca. 2 m<sup>3</sup> Rohholz.

Für die Herstellung von Holzpackmitteln und Paletten werden in der Regel **Schnittholz mittlerer und niedriger Qualitäten** sowie Holzwerkstoffe eingesetzt. Für die Auswahl dieser Rohstoffe sind in erster Linie technische und ökonomische Aspekte entscheidend. Der Hauptanteil der mittleren und niedrigen Qualitäten geht mit einem geschätzten Anteil von ca. 70 % in die Palettenindustrie. Durch die Grenzöffnung nach Osteuropa hat sich die **Zulieferkonkurrenz für Schnittholz verschärft**. **Holzwerkstoffe** werden bislang nur in geringem Maße eingesetzt. Aber vor dem Hintergrund schärferer Einfuhrbestimmungen für Vollholz (phytosanitäre oder pflanzengesundheitliche Bestimmungen) ist in Zukunft der verstärkte Einsatz von Holzwerkstoffen denkbar. Im Kistenbereich ist eine deutliche Tendenz vom Schnittholz zum Einsatz von Holzwerkstoffen zu erkennen.

Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, dass die **Branchenumsätze** im Bereich Holzverpackungen **stagnieren**. Die Entwicklung der **Exportwirtschaft** ist für die Kistenhersteller, die Palettenindustrie und die Exportverpacker von Bedeutung. Der Palettenabsatz ist dagegen maßgeblich von der **Binnenkonjunktur** abhängig, da diese das Transportvolumen und somit den Bedarf an Ladungsträgern beeinflusst. Die Stagnation des Marktes und die zunehmende Konkurrenz von billigem Nadelschnittholz aus Osteuropa machen den Absatz von Schnittholz für die deutsche Sägewirtschaft zunehmend schwieriger. Trotz dieser Entwicklung wird der Palettenmarkt nach wie vor eine wichtige Rolle für die Holzwirtschaft spielen, weil er den Absatz von mittleren und schlechten Holzqualitäten garantiert.<sup>35</sup>

### 3.3 Polymere aus Nawaro in der Landwirtschaft

Die Entwicklung im deutschen Spargelanbau der letzten 20 Jahre ist in hohem Maße durch einen steigenden **Einsatz von Abdeckfolien** geprägt. Die Verwendung von Folien im Anbau von Spargel hat zu einer Verfrüherung der Ernte, Erweiterung der Saison sowie einer Verbesserung von Ertrag, Qualität und Wirtschaftlichkeit geführt. Mittlerweile werden zwei

---

34 vgl. Fornefeld et al., 2004

35 vgl. Fornefeld et al., 2004

Drittel der Anbaufläche für Spargel in Deutschland (2002: 14.220 ha Ertragsfläche) mit Folien bedeckt. Wurde früher nur mit transparenten Folien gearbeitet, so hat sich heute der Schwerpunkt zu schwarzen Folien und kombinierten Systemen verschoben.<sup>36</sup>

Laut der neusten KTBL-Zahlen ist der **Verbrauch von Folien und Vliesen** in der Landwirtschaft im Zeitraum 2002 bis 2004 **konstant** geblieben (13.137,5 ha 2004 zu 13.209 ha 2002). Jedoch kam es innerhalb der Produktgruppe zu Verschiebungen, von denen insbesondere Nawaro-Produkte profitieren können.<sup>37</sup> Im Spargelanbau stieg der Einsatz schwarzer Folien um 79 % von 6.203 ha im Jahr 2002 auf 11.104 ha im Jahr 2004. Im Erdbeeranbau erhöhte sich der Einsatz von Folien um 40 % von 2.026 ha im Jahr 2002 auf 2.828,5 ha im Jahr 2004.

**Folien aus Nawaro** erfüllen die Einsetzeigenschaften, die im Erdbeeranbau an derartige Produkte gestellt werden. Für den Einsatz im Spargelanbau sind Folien aus Nawaro zurzeit nicht geeignet. Denn in diesem Falle müsste die Dicke der Folien deutlich erhöht werden, um mit dem im Spargelanbau verwendeten technischen Gerät verarbeitet werden zu können. Dies würde allerdings zu einer vom Markt nicht akzeptierten Verteuerung der Folien führen.

Laut FBAW wird der Einsatz von biologisch abbaubaren Folien (z. B. Ecoflex auf petrochemischer Basis) im Jahr 2005 auf 3 % geschätzt. Kurzfristig werden Anteile biologisch abbaubarer Produkte (vor allem auch aus Nawaro) von 10 % und bis zum Jahr 2010 von sogar 25 % für möglich gehalten.<sup>38</sup>

Im Bereich der **Pflanztöpfe** werden in Deutschland ca. 2 % des Marktes von Pflanzenfasertöpfen abgedeckt, wobei der Einsatz von Polymeren aus Nawaro hierzulande noch nicht realisiert wird. In Belgien wird seit 2003 der Pflanzentopf ECOVAS aus MaterBi hergestellt. Dieser Pflanztopf, der durch die englische Supermarktkette Sainsbury's vermarktet wird, konnte in einem neu entwickelten Messverfahren alle wesentlichen Kriterien erfüllen. Allerdings ist der Preis für ECOVAS zurzeit noch zweifach dreimal höher als für einen normalen PE-Pflanztopf.

Alle anderen Produkte aus Nawaro als möglicher Ersatz für petrochemische, nicht abbaubare Kunststoffanwendungen in Landwirtschaft und

---

36 vgl. GKL, 2005

37 vgl. Straeter, 2005

38 vgl. Straeter, 2005

Gartenbau haben noch den Status von Prototypen. So verfügen z. B. **Bindegarne** aus Nawaro-Polymeren noch nicht über die erforderlichen Reißfestigkeiten für den Gurken- und Tomatenanbau.<sup>39</sup>

In der folgenden Tabelle sind die Zahlen für den Einsatz von petrochemischen Produkten im Gartenbau und der Landwirtschaft zusammengestellt und es wird das Potenzial für den Einsatz von biologisch abbaubaren Produkten genannt.

|                    | <i>Einsatz von petrochemischen Produkten in kt/a</i> | <i>Potenzial für abbaubare Produkte in kt/a</i> |
|--------------------|--|---|
| <i>Töpfe</i>       | 15–22  | 7–20  |
| <i>Mulchfolien</i> | 3,3–3,8  | 3,3   |
| <i>WegwerfVP</i>   | 7  | 7   |
| <i>Ballen</i>      | 3,8  | 1   |
| <i>andere</i>      | 2,5  | 2,5   |
| <i>Summe</i>       | 33–40  | 20–30   |

*Quelle: Schüssler, 2003*

*Abbildung: Einsatz petrochemischer Produkte im Gartenbau und in der Landwirtschaft im Vergleich zum potenziellen Einsatz biologisch abbaubarer Produkte*

Das **Potenzial für biologisch abbaubare Produkte** im Bereich des Garten- und Landschaftsbaus sowie in der Landwirtschaft wird in Deutschland auf **20.000 bis 30.000 t/a** geschätzt.<sup>40</sup> Für einen Einsatz von Mulchfolien und Pflanztöpfen aus Nawaro sprechen insbesondere folgende Argumente:

- Die Produkte verschmutzen im Gebrauch, was eine Wiederverwendung oder Entsorgung erschwert.
- Pflanzen verarbeitende Betriebe besitzen eigene Kompostiermöglichkeiten.

39 vgl. Straeter, 2005

40 vgl. Schüssler, 2003



- Es fallen keine zusätzlichen Entsorgungskosten an und der Arbeitsaufwand reduziert sich, da die Produkte z. B. auf dem Feld kompostiert werden können.
- Bei einer Freistellung von biologisch abbaubaren VPM aus dem DSD über die neue VVO ergeben sich mögliche Vorteile für Pflanztöpfe aus Nawaro, die als Verpackung deklariert werden.<sup>41</sup>

### 3.4 Rahmenbedingungen und Wettbewerbsdynamik

Auf EU-Ebene und auf nationaler Ebene stellen neben der Verpackungsrichtlinie und der Verpackungsordnung außerdem Abfallbewirtschaftungsplan, Bioabfall-Verordnung und TA-Siedlungsabfall rechtliche Rahmenbedingungen für den Markt für Verpackungsprodukte dar. Im Folgenden sind wesentliche Auszüge aus den Verordnungen stichwortartig zusammengefasst.

#### **Verpackungsrichtlinie EU 94/62/EU (von 1994)**

- Vermeidung ist die beste Art, die Gesamtmenge zu verringern.
- Verpackungen sind wichtig.
- Einführung von Rücknahmesystemen.
- § 5: Es ist erlaubt, umweltverträgliche Wiederverwertung (national) zu fördern.
- Energetische Verwertung ist eine wirksame Methode zur Verwertung.
- Wichtig ist das Verbraucherverhalten: Informationen sind überaus wichtig.
- Reihenfolge: Vermeidung => Wiederverwertung => stoffliche Verwertung => andere Verwertung => Beseitigung.
- § 6 Quoten: innerhalb von fünf Jahre: 50 bis 65 % (m) verwertet und 25 bis 45 % stofflich verwertet und mindestens 15 % einzelner Werkstoffe. Wird zehn Jahre nach nationaler Umsetzung erheblich erhöht.
- Nach § 14 sind Abfallbewirtschaftungspläne von den Mitgliedsstaaten zu erstellen.
- Gesonderte Regelungen für Medizinische VP, Luxus-VP etc.

Die Verpackungsrichtlinie seitens der EU beinhaltet Vorschläge für eine nationale Umsetzung.

---

41 vgl. Straeter, 2005

### **Verpackungsverordnung Deutschland 1998**

- Ziele: Verpackungen vermeiden, stofflich zu verwerten, anders zu verwerten oder zu beseitigen (in dieser Reihenfolge); Verwertung 65 % Ende 2001, stofflich 45 %; 80 % MehrwegVP Getränke.
- Definition Verpackungen: ...aus beliebigen Werkstoffen zur Aufnahme, Schutz, Handhabung, Lieferung, Darbietung von Waren...
- Definition VerkaufsVP: ...einer Verkaufseinheit, landen beim Endverbraucher (inkl. Gastronomie, Handel, etc) inkl. Einweggeschirr, -besteck.
- Definition UmVP: ...zusätzlich zur VerkaufsVP und nicht aus Gründen der Hygiene, Haltbarkeit, Schutz vor Verschmutzung oder Beschädigung.
- Definition TransportVP: ...auf dem Transportweg.
- § 4: Rücknahmepflicht für TransportVP, ...bei TransportVP, die unmittelbar aus Nawaro hergestellt sind, ist die energetische Verwertung der stofflichen gleichzusetzen...
- § 5: Umverpackungen: Vertreiber müssen UmVPn entfernen oder Gelegenheit anbieten, sie zu entfernen...
- § 6: Verkaufsverpackungen: ...Vertreiber müssen sie unentgeltlich zurücknehmen oder an ein flächendeckendes System angeschlossen sein (=> DSD).
- § 8: Einwegverpackungen für Getränke: Pfand mindestens 0,25 € für nicht-ökologisch vorteilhafte EinwegVP bei gelisteten Getränken.
- § 12: ...Verpackungsvolumen und -masse müssen angemessen sein ...
- Anhang 1: zu erreichende Mindestprozentsätze der Verwertung: z. B. Kunststoffe min 60 % ab 01.01.1999.

### **Konsequenzen**

Die Kompostierbarkeit biologisch abbaubarer Kunststoffe war in Deutschland im Unterschied zu den Niederlanden durch die Gesetzgebung ausgeschlossen. Mit der seit dem 28. Mai 2005 in Kraft getretenen dritten **Novelle der Verpackungsverordnung (VVO)** werden die bisherigen Hindernisse für den Einsatz von biologisch abbaubaren VPM aus dem Weg geräumt.<sup>42</sup> Damit können die Möglichkeiten zum Abbau der Rohstoffpreisenunterschiede zwischen nicht kompostierbaren Verpackun-

---

42 vgl. GA, 2005

gen aus petrochemischen Rohstoffen einerseits sowie kompostierbaren Verpackungen aus Nawaro andererseits besser ausgenutzt werden.<sup>43</sup> Neben einer Novellierung der Verpackungsverordnung sollte jedoch auch die **Bioabfall- und Düngemittelverordnung** angepasst werden.<sup>44</sup> Diese Forderung scheint allerdings eher langfristig realisierbar zu sein. Geringere Mehrkosten lassen eine Preisangleichung durch höhere Produktionsmengen wesentlich realistischer erscheinen. Die **Konkurrenzfähigkeit von Nawaro** verbessert sich bei steigenden Preisen erdölbasierter Rohstoffe. Eine **hohe Kundenakzeptanz** kann durch eine gezielte Verbraucherinformation über die ökologischen Vorteile von Verpackungen aus Nawaro erreicht werden.

### **Zusammenfassung**

In der folgenden Abbildung sind die Stärken und Schwächen sowie die Risiken und Chancen von Nawaro im Verpackungsbereich stichwortartig zusammengefasst.

- Der Einsatz von Nawaro für VP-Materialien ist unter nachhaltigen Gesichtspunkten sehr positiv zu bewerten.
- Die Funktionsfähigkeit von Werkstoff- und Kreislaufsystemen für VPM aus Nawaro ist nachgewiesen.
- Das Marktvolumen ist großtechnisch sehr attraktiv und bietet sehr große Wachstumspotenziale.
- Die entscheidende Markteintrittsbarriere ist heute der „kritische Rohstoffpreis“, der aufgrund der jetzigen Produktionskapazitäten nicht erreicht wird, aber nach Expertenmeinung erreichbar ist.
- Die Verbraucher stehen der Thematik VPM aus Nawaro positiv gegenüber.
- Es gibt positive Beispiele für VPM aus Nawaro aus England und den Niederlanden.
- Holzverpackungen aus heimischer Forstwirtschaft sind durch Billigimporte gefährdet.

---

43 vgl. Käß, 2005

44 vgl. Käß, 2004

| <b>Stärken</b>  | <b>Schwächen</b>  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Funktionsfähigkeit eines solchen Systems nachgewiesen (Modellprojekt und ausländische Erfahrungen)</li><li>▪ Die Verbraucher sind positiv eingestellt</li><li>▪ Nachhaltigkeit sehr sinnvoll wegen Kurzlebigkeit der VP und dem großen Markt</li><li>▪ Fokussierung auf funktionierende Anwendungen im Lebensmittelbereich, wobei eine positive Verbindung zwischen Produkt und Verpackung geschaffen werden kann</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Kritische Rohstoffkosten müssen mittelfristig ohne Förderung unterschritten werden, bis dahin ist eine Förderung oder Begünstigung notwendig</li><li>▪ Ordnungspolitische Rahmenbedingungen</li></ul>   |
| <b>Chancen</b>  | <b>Risiken</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Kostensenkungspotenziale bei großer Produktionsmenge</li><li>▪ Standortsicherung Deutschlands durch die Veredlung von Rohstoffen zu biologisch abbaubaren Werkstoffen</li><li>▪ Know-How ist eine Exportmöglichkeit von Werkstoff- und Systementwicklung, da die Problematik weltweit existent ist</li><li>▪ Fokussierung auf die Teilmärkte: Netze, Beutel, Taschen, kurzzeitige Lebensmittelverpackungen</li><li>▪ Mulchfolien, die nicht der VVO unterliegen</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Verbraucherverhalten in wirtschaftlich schwierigen Zeiten</li><li>▪ Der Markt ist zäh und langwierig</li><li>▪ Für die Markteinführung wird Zeit und Finanzkapital benötigt</li><li>▪ Pionierarbeit, Aufklärung und Marketing ist notwendig (PE ist am Markt etabliert und akzeptiert)</li><li>▪ Die Änderung der Verpackungsverordnung führt zu keiner Öffnung des Markts mit Nawaro-Produkten</li></ul> |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Nawaro im Verpackungsbereich

### Schlussfolgerungen

- Die Förderung von Nawaro-Produkten durch politische Maßnahmen ist notwendig und sinnvoll, bis eine kritische Menge (z. B. Auslastung und Entsorgung) erreicht wird.
- Verpackungsverordnungen und Programme für Produkte (z. B. für Mulchfolien), die nicht der VVO unterliegen, sind zu entwickeln.
- Markteinführungsaktivitäten sollten sich verstärkt den Themen Gesundheit und Nachhaltigkeit zuwenden.
- Die Förderung und die Entwicklung einer flächendeckenden Logistik von alternativen Entsorgungswegen kann die Umstellung beschleunigen.
- Um die Konkurrenzfähigkeit im Bereich Holzverpackungen zu erhalten, sind Förderungsmaßnahmen für eine bessere Abstimmung in der Prozesskette Holz notwendig.

## 4 Relevante internationale Erfahrungen

Die Margen im Einzelhandel sind in **England** und **Italien** größer, weshalb in diesen Ländern schon mehr biologisch abbaubare Verpackungen eingesetzt werden. Während in Deutschland nur 1 % aller Verpackungen biologisch abbaubar ist, liegt der Anteil der Bioverpackungen in England schätzungsweise über 10 %.<sup>45</sup> Die Bereitschaft, etwas in neuen Verpackungen anzubieten, ist in der Schweiz, England, Italien und den **Niederlanden** erheblich höher als in Deutschland.<sup>46</sup> Aufgrund der Erfahrungen aus England und den Niederlanden sollten die Bioverpackungen vermehrt über die Themen „Gesundheit“ und „Nachhaltigkeit“ beworben werden, statt über die Diskussion der „ökologischen Folgen“.

Die Stadt **Genf** plant die Umstellung von Plastiksäcken auf biologisch abbaubare Säcke in der Grüngutsammlung.<sup>47</sup>

**Japan** ist in Asien ein Vorreiter für Bioverpackungen. Die Markteinführung erfolgt hier über den Gesundheits- und Hochwertigkeitsaspekt.

Die Studie „Degradable Plastics“ zeigt auf, dass umweltfreundliche Polymerwerkstoffe in den **USA** zunehmend präsent werden. Es wird erwartet, dass der Bedarf an kompostierbaren Polymerwerkstoffen pro Jahr

---

45 vgl. Káb, 2005

46 vgl. Káb, 2004

47 vgl. C.A.R.M.E.N., 2005

um 16 % auf 132.000 t im Jahr 2008 ansteigen wird, wobei für Produkte auf der Basis von Polymilchsäure der größte Zuwachs prognostiziert wird. Bei wettbewerbsfähigen Preisen können stärkebasierte Produkte bis zum Jahr 2008 auf 38.000 t steigen, was ein jährliches Wachstum von 11,6 % bedeutet. Hauptanwendungen sind im Bereich der Folien-Produkte zu sehen.<sup>48</sup>

Das **Modellprojekt Kassel** (Mai 2001 bis November 2002) wird übereinstimmend als **sehr erfolgreich** bewertet. In dem Projekt wurden zwölf Produkte (Folien, Beutel, Taschen, Schalen, Einweggeschirr etc.) getestet. Aufgrund guter Information war die Akzeptanz durch den Einzelhandel und den Endverbraucher sehr hoch. Das Projekt erbrachte den Nachweis für die technische Funktionsfähigkeit des Kreislauf-Systems sowie den Nachweis für die Qualität der Verpackungen.

**Negativbeispiele** sind die Shampooflasche von Wella und der Joghurtbecher von Danone. Die Shampooflasche aus biologisch abbaubaren Polymerwerkstoffen hatte keinen Markterfolg, da hier die Unterstreichung der Ökologie keinen Vorteil beim Kaufverhalten brachte. Im Fall des Joghurtbechers führte ein nicht ausgereiftes Produktkonzept eher zu einem Imageschaden als zu einem Marktschub für VPM aus biologisch abbaubaren Werkstoffen.<sup>49</sup>

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- C.A.R.M.E.N.: Die Studie „Degradable Plastics“. In: Newsletter nawaros®02/05. Straubing 2005b
- Crössmann, W.: Kunststoffverarbeitung vor dem Aufschwung?. In: Kunststoffe (ISSN 0023-5563), Vol. 93, 10/2003, S. 43–46, 2003
- Emminger, H.: Verpackung: Größter Kunde der Kunststoffindustrie. In: Kunststoffe (ISSN 0023-5563), Vol. 94., S. 46–49, 6/2004
- Fornefeld, M./Tschurtschenthaler, G./Oefinger, P.: Absatzpotenziale für heimische Produkte aus Nadelstarkholz auf den nationalen und internationalen Märkten. Düsseldorf: MICUS Management Consulting GmbH (Hrsg.), Januar 2004, 121 Seiten – Abschlussbericht im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, 2004
- GA: Biokunststoffe sollen durchstarten. In: K-Zeitung, S. 10–11, 9. Juni 2005

48 vgl. C.A.R.M.E.N., 2005b

49 vgl. Káb, 2005

- GADV/RKW und IK-Schätzung. 2005
- GVM (Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung). 2005
- HDH: „Kurzbericht zur Cluster-Studie Forst & Holz NRW“, 2002, Seite 31 ff. Zitiert in Fornefeld et al., 2004
- IBAW: Highlights in Bioplastic. Berlin: Interessengemeinschaft Biologisch Abbaubarer Werkstoffe e. V. – IBAW, Januar 2005, 12 Seiten – Eine Publikation der IBAW, 2004
- IK (Industrieverband Kunststoffverpackungen). 2005
- Käb, H.: Die Zeichen stehen auf Wachstum. In: Kunststoffe (ISSN 0023-5563), Vol. 94., S. 68–74, 8/2004
- Karus, M.: Marktüberblick: Bio-Kunststoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe. Hürth: nova-Institut GmbH, [www.nova-institut.de](http://www.nova-institut.de), S. 1–4, November 2003
- Statistisches Bundesamt: Marktzahlen zum Verpackungsbereich. April 2005
- Statistisches Bundesamt: Marktzahlen zu Packmitteln. April 2005
- Schüsseler, P.: Package of Measures to Promote Biodegradable Materials in Horticultural Applications – Results of Several Surveys. In: Pfister, B. and Labowsky, H.-J. (Editor): Biodegradable Materials and Natural Fibre Composites. Darmstadt: KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., KTBL-Schrift 414, (ISBN 3-7843-2153-4), S. 16–23, 2003

### Websites

- Abifor: „Ecoflex-Hot-Melt Powder“ – Das biologisch abbaubare Schmelzklebepulver. In: Online-Nachrichtendienst [www.nachwachsende-rohstoffe.info](http://www.nachwachsende-rohstoffe.info), Text-ID: 20050617-05. 2005
- BASF: BASF erhöht Kapazität für biologisch abbaubaren Kunststoff Ecoflex. In: Online-Nachrichtendienst [www.nachwachsende-rohstoffe.info](http://www.nachwachsende-rohstoffe.info), Text-ID: 20050427-05, 2005
- C.A.R.M.E.N.: Genf stellt um auf BAW. In: Newsletter nawaros®02/05 [www.carmen-ev.de/dt/aktuelles/nawaros/nawa05/nawa0205.html](http://www.carmen-ev.de/dt/aktuelles/nawaros/nawa05/nawa0205.html), 2005-05-09, 2005a
- GKL: GKL-Frühjahrstagung in Schifferstad – Kunststoffeinsatz im Spargelbau. Gesellschaft für Kunststoffe im Landbau e. V., [www.ktbl.de/gkl/spargel1.htm](http://www.ktbl.de/gkl/spargel1.htm), 26. April 2005
- GVM (Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung). 2005
- IBAW: Deutsche Verpackungsverordnung: Regelung für Bioverpackungen. In: Online-Nachrichtendienst [www.nachwachsende-rohstoffe.info](http://www.nachwachsende-rohstoffe.info), Text-ID: 20050420-03, 2005a
- IBAW: Große Fortschritte bei Biokunststoffen. In: Online-Nachrichtendienst [www.nachwachsende-rohstoffe.info](http://www.nachwachsende-rohstoffe.info), Text-ID: 20050518-02, 2005b
- IBAW: Highlights in Bioplastic. Berlin: Interessengemeinschaft Biologisch Abbaubarer Werkstoffe e. V. – IBAW, Januar 2005, 12 Seiten – Eine Publikation der IBAW, 2004
- Modellprojekt Kassel: Informationen zum Einsatz von biologisch abbaubaren Kunststoffverpackungen anlässlich des Modellprojekts in Kassel. [www.Modellprojekt-Kassel.de](http://www.Modellprojekt-Kassel.de), 28. Juni 2005

### **Einbezogene Unternehmen, Verbände und Institutionen**

- DSD AG: Entsorgung von Verpackungsprodukten aus Nachwachsenden Rohstoffen. Gespräch im BMVEL/Berlin vom 01.06. 2005 zwischen Herrn Dr.-Ing. Heyde, Herrn Schmitz und Frau Wagner – DSD; Herrn Dr. Ohlhoff und Herrn Drechsler – BMVEL; Herrn Dr.-Ing. Schütte und Frau Herrmann – FNR, Berlin 2005
- ISD Interseroh: Entsorgungskonzepte für Verpackungsprodukte aus Nachwachsenden Rohstoffen: Gespräch vom 31.05.2005 im BMVEL, Berlin, zwischen Herrn Reske – ISD Interseroh Dienstleistungs GmbH; Herrn Drechsler – BMVEL; Herrn Dr.-Ing. Schütte und Frau Herrmann – FNR, Berlin 2005
- Käb, H.: Märkte, Perspektiven und Zukunft der biologisch abbaubaren Polymerwerkstoffe: Persönliche Mitteilung von Herrn Dr. Harald Käb. Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 22. Februar 2005, Interessengemeinschaft Biologisch Abbaubarer Werkstoffe e. V. – IBAW, Berlin 2005
- Straeter, C: Folien und Pflanztöpfe im Gartenbau und in der Landwirtschaft: Persönliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. agr. Christopher Straeter. Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 29. Juni 2005, Gesellschaft für Kunststoffe im Landbau e. V. – GKL, Hannover 2005
- Stryjewski, D.: Verpackungen aus Nachwachsenden Rohstoffen: Persönliche Mitteilung von Herrn Dr. Detlef Stryjewski. Experteninterview geführt durch Dipl.-Ing. Christoph Hoffmeister am 7. Februar 2005, PRO:NARO Bremen e. V., Bremen 2005





# **Faserverbundwerkstoffe und Formteile**

Jörg Müssig

Christoph Hoffmeister

Thomas Schneider \*

---

\* Dipl.-Ing. Christoph Hoffmeister und Dr.-Ing. Jörg Müssig;  
Faserinstitut Bremen e. V. – FIBRE, Am Biologischen Garten 2, 28359 Bremen,  
[www.faserinstitut.de](http://www.faserinstitut.de)  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Schneider; Faserinstitut Bremen e. V./  
jetzt tätig FHTW Berlin, FB5, Produktionsplanung und -steuerung,  
Fertigungsorganisation, Wilhelminenhof 76/77, 12459 Berlin  
Ansprechpartner/corresponding author: Jörg Müssig



---

# Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| <b>Faserverbundwerkstoffe und Formteile .....</b> | <b>425</b> |
| <b>Abbildungen.....</b>                           | <b>428</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                            | 429        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....          | 433        |
| 3 Analyse des Marktes.....                        | 436        |
| 4 Relevante internationale Erfahrungen.....       | 454        |
| 5 Quellenverzeichnis .....                        | 456        |

## Abbildungen

|  |     |
|--|-----|
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich<br>Faserverbundwerkstoffe und Formteile .....                                | 431 |
| Übersicht über den Markt Faserverbundwerkstoffe und Formteile .....  | 432 |
| Wertschöpfungsketten Faserverbundwerkstoffe und Formteile .....  | 433 |
| Verarbeitungskette von Wood-Plastic-Composites (WPC) .....   | 435 |
| Einsatz von Naturfasern in der deutschen<br>Automobilproduktion 2003 .....   | 438 |
| Naturfaserverbundwerkstoffe im deutschen Automobilbau<br>1996 bis 2003 (ohne Cotton- und Holzfaserverbundwerkstoffe) ..... | 439 |
| Prognosen für die Entwicklung von Naturfaserverbund-<br>werkstoffen 2003 bis 2010 .....                                    | 439 |
| Entwicklung des SMC-Einsatzes in Europa.....   | 441 |
| Umsätze der Sportartikelindustrie .....  | 445 |
| Einfuhrländer von Spielwaren 2002 .....  | 447 |
| Der Export von Spielwaren im Ländervergleich 2002.....   | 447 |
| Produktion der Spielwarenindustrie in Deutschland 2003.....  | 448 |
| Import und Export der Spielwarenindustrie in Deutschland 2003 .....  | 448 |
| Polymerpreise April 2004 (€/t) .....   | 452 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Naturfaserverbundwerkstoffen .....                                  | 453 |
| Nachfrage in den USA nach Holz im „decking“-Bereich .....  | 455 |

## 1 Zusammenfassung

Naturfaserverbundwerkstoffe (NFK) haben sich insbesondere im **Automobilbau** als zuverlässiger Werkstoff erwiesen. Bei den Substrate-Suppliern (Naturfasern, Vliese, Filze) handelt es sich um kleine und mittelständische Unternehmen. Die Weiterverarbeitung zu Verbundwerkstoffen hingegen erfolgt durch international tätige Großunternehmen (Tier-One Supplier). Die Abnehmer sind oligopol strukturierte Automobilhersteller (OEM). Diese Struktur erzeugt einen Anpassungsdruck auf die gesamte Angebotskette. So werden etwa die Entwicklungsarbeiten zunehmend auf die Zulieferer verlagert. Alle anderen Marktsegmente – **Spielwaren, Elektronikgeräte, Nutz- und Schienenfahrzeuge, Urnen** – sind sehr fragmentiert mit heterogenen Anbieterstrukturen.

**Wichtigstes Marktsegment**, das in den Jahren 1996 bis 2004 ein Wachstum von mehr als 10 % aufwies, ist **der Innenverkleidungsbereich für Automobile**. Im Jahr 2004 wurden insgesamt 88 kt naturfaserverstärkte Kunststoffe eingesetzt. Mehr als 60 % dieses Marktes werden mit Fasern aus Pflanzen realisiert, die für einen heimischen Anbau geeignet sind. Europäischer Hanf konnte sich in diesem Bereich seit 1996 mit Anteilen von über 12 % erneut etablieren. Anwendungen in den **Teilmärkten** Exterieur und Struktur, Gehäuse sowie Spielwaren, Freizeit und Sportartikel sind neue, noch kleine Märkte mit **hohem Wachstumspotenzial**.

Der Einsatz von Formpressteilen aus **Holzfasern** ist auf Innenanwendungen begrenzt. **Hohe Wachstumsraten** werden **prognostiziert**, sobald sich WPC-Anwendungen (Wood-Plastic-Composites) etablieren. Für Holzfasern existiert ein großes Angebot preiswerter Importware. **Flachs** aus heimischem Anbau kann seine **technischen Vorteile gegenüber Importwaren** bei hohen Bauteilanforderungen ausspielen. Kostenreduzierungen und weitere Qualitätsvorteile ergeben sich durch eine optimierte Röste. **Hanf** aus heimischem Anbau ist preislich **konkurrenzfähig**. Durch den Aufbau eines Qualitätsmanagements sind Qualitäten spezifizierbar und reproduzierbar. Kostensenkungspotenziale sind durch optimierte Ernte und Röste erzielbar.

Naturfaserverbundwerkstoffe haben sich im **Interieur-Bereich für Automobile** im oberen Marktsegment etabliert. Zurzeit findet die Markterschließung im unteren Marktsegment statt. Im **Exterieur-Bereich** (Semi-Strukturen) etablieren sich zurzeit Kfz-Unterbodengruppen und bereiten den Einsatz für Außenanwendungen vor. Bei der Akzeptanz von

WPC-Produkten wird sich auch in Deutschland der Markt in kurzer Zeit auf mehrere Zehntausend t entwickeln. Die EU-Elektro- und Elektronik-Entsorgungsverordnung wird zum Einsatz besser rezyklierbarer Werkstoffe für den **Gehäusebau** führen („Weiße Ware“). Alternative Werkstoffe werden darüber hinaus für weitere Anwendungen (z. B. Urnen, Säрге, Koffer) attraktiv. Im **Sportbereich** sind die Anforderungen hoch, das Marktvolumen jedoch vergleichsweise klein. Potenziell interessante Märkte sind der **Spielzeug- und Freizeitbereich**.

NFK sind heute im Auto unverzichtbare Bestandteile, Potenziale bestehen allerdings nicht nur im Auto, wie die Zusammenfassung in der Tabelle zeigt. Potenziale können zukünftig insbesondere für Strukturbauteile (s. S. 431) und Konsumgüter erschlossen werden.

### **Übersicht über den Markt Faserverbundwerkstoffe und Formteile**

Wie der Tabelle (s. S. 432) zu entnehmen ist, sind nationale und internationale Verordnungen wesentliche Treiber für den Erfolg der naturfaserverstärkten Polymere. Weitere Aspekte sind in der Tabelle zusammengestellt.

| Kriterien   | Interieur   | Exterieur und Struktur   | Gehäuse   | Spielwaren  |
|---|---|--|---|---|
| Marktgröße in 2003 in D   | <ul style="list-style-type: none"> <li>506 Mio. € NFK &lt; von 3,4 Mrd. € (HK*) Kunststoff-Interieur</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1,4 Mio. € NFK von 1,3 Mrd. € (HK*) Kunststoff-Exterieur</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>0 Mio. € NFK von 3,8 Mrd. € (HK**) WW*** und Haushaltsgeräte</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>0 Mio. € NFK von 1,24 Mrd. € Produktionswert</li> </ul>  |
| Marktwachstum Nawaro  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: wachsend (10 %)</li> <li>2020: stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: 78 Mio. € (80 % p. a.)</li> <li>2020: stark wachsend</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: 4.000 t (24 Mio. €)</li> <li>2020: leicht wachsend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: 2,5 % vom KST-Markt (11 Mio. €)</li> <li>2020: wachsend</li> </ul>   |
| Absatz- und Einkommenspotenzial für dt. Land- und Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>26.500 t (Holz 25 kt, Hanf und Flachs 1,5 kt) in 2004</li> <li>75.000 t in 2010 geschätzt (Holz, Hanf und Flachs)</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>100 t in 2004</li> <li>5.600 t in 2010 geschätzt (Fasern)</li> <li>DB = Flachs 825 €/ha Hanf 819 €/ha</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ca. 0 t in 2004</li> <li>4 kt in 2010 Marktanteil 2,5 % (Fasern)</li> <li>DB = Flachs 825 €/ha Hanf 819 €/ha</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ca. 0 t in 2004</li> <li>Potenzial in 2010 Marktanteil 2,5 % vom Produktionswert bei Spritzgussanwendungen</li> </ul>              |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft           | <ul style="list-style-type: none"> <li>1.500 t von 18.000 t Stängel- und Blattfasern</li> <li>Hanf preislich konkurrenzfähig</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Marktanteil (heimischer Anbau) liegt 2004 bei 0 %</li> <li>Hanf preislich konkurrenzfähig</li> <li>Importgefahr</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Marktanteil (heimischer Anbau) liegt 2004 bei 0 %</li> <li>Hanf preislich konkurrenzfähig</li> <li>Importgefahr</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Marktanteil (heimischer Anbau) liegt 2004 bei 0 %</li> <li>Hoher Importdruck im Bereich der Spielwaren</li> </ul>                  |
| F&E Defizite  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Röste und Aufschluss</li> <li>Transfer in neue Branchen</li> <li>Berechenbarkeit der Prozesskette</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Röste und Aufschluss</li> <li>Faseraufbereitung und Fasereinbringung</li> <li>Berechnung</li> <li>Werkstoffoptimierung</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Röste und Aufschluss</li> <li>Technische Anforderung</li> <li>Werkstoffdokumentation</li> <li>Markteinführung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Röste und Aufschluss</li> <li>Spritzgießen: Markteinführung</li> <li>Berechenbarkeit</li> </ul>                                    |
| Risiken   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Beihilferegulierung</li> <li>Altautoverordnung</li> <li>Röste und Nachernte</li> <li>Importe</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Beihilferegulierung</li> <li>Altautoverordnung</li> <li>Röste und Nachernte</li> <li>Importe</li> <li>Technische Anforderungen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Elektro- und Elektronik-Verordnung</li> <li>Technische Anforderungen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kreislaufwirtschaftsgesetz</li> <li>Marktakzeptanz</li> <li>Technische Anforderungen</li> </ul>                                    |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>-Einsparung Hanf/-Epoxid vs. ABS 0,8 kg/kg</li> <li>(2004) 2000 ha (2010) Potenzial 50.000 ha + 8.300 ha Wald</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>-Einsparung Hanf/-Epoxid vs. ABS 0,8 kg/kg</li> <li>(2004) ca. 0 ha (2010) ca. 2.400 ha</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>-Einsparung Hanf/-Epoxid vs. ABS 0,8 kg/kg</li> <li>(2004) ca. 0 ha (2010) ca. 2.700 ha</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>-Einsparung Hanf/-Epoxid vs. ABS 0,8 kg/kg</li> <li>(2004) ca. 0 ha (2010) Potenzial im Spritzgussbereich</li> </ul> |

\* HK = Herstellkosten für das reine Kunststoffrohbauteil (8 €/kg) ; \*\* HK = Herstellkosten für das reine Kunststoffrohbauteil (6 €/kg)

\*\*\* WW = Weiße Ware

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Faserverbundwerkstoffe und Formteile



|                   | Interieur   | Exterieur und Struktur  | Gehäuse   | Sport, Freizeit und Spielwaren  |
|-------------------|---|---|---|---|
| Nawaro Marktgröße | <ul style="list-style-type: none"> <li>88.000 t (Fasern** in NFK)</li> <li>Bauteil =&gt; 506 Mio. € HK* (3 €/kg)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>100 t (Fasern in NFK)</li> <li>Bauteil =&gt; 1,4 Mio. € HK* (6 €/kg)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zurzeit 0 t (0€)</li> <li>Kleinserien &amp; Prototypen in Vorbereitung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zurzeit 0 t (0€)</li> <li>erste Konzepte</li> </ul>  |
| Marktwachstum     | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: wachsend (10 %)</li> <li>2020: stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: 78 Mio. € (80 % p. a.)</li> <li>2020: stark wachsend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: stark wachsend</li> <li>2020: leicht wachsend</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: wachsend</li> <li>2020: wachsend</li> </ul>  |
| Treiber           | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Akzeptierter Werkstoff; technische Vorteile sind erkannt</li> <li>+ Werkstoffimage passt gut in die Nachhaltigkeitskonzepte der Unternehmen</li> <li>+ »Local content«-Konzepte als Vorzeiger</li> <li>+ Verfahrenstechniken sind realisiert, Zugang zu anderen Branchen ist damit vereinfacht</li> <li>+ NF-Spritzguss senkt Fertigungskosten</li> <li>+ Qualitätsmanagement ist in Deutschland aufgebaut, Unternehmen sind zertifiziert</li> <li>- Altautoverordnung verunsichert Produzenten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Simulationsmöglichkeit von Werkstoff- und Bauteileigenschaften etabliert NFK bei Konstrukteuren als neuen Werkstoff</li> <li>+ Imagegewinn der NFK durch Verwendung in Strukturen und sicherheitsrelevanten Anwendungen</li> <li>+ Unterbodengruppe in der Serienanwendung =&gt; Erfolgsgeschichte</li> <li>+/- WPC: bei Lösung der Feuchteaufnahme für begehbbare Außenanwendungen</li> <li>- Schienenfahrzeugbau sehr konservativ beim Einsatz neuer Werkstoffe</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Steigende Entsorgungskosten, kurzer Lebenszyklus von Produkten</li> <li>+ Elektro- und Elektronikverordnung fördert den Einsatz umweltfreundlich entsorgbarer Werkstoffe</li> <li>+ Steigende Anforderungen an gesundheitlich unbedenkliche Werkstoffe</li> <li>+/- Potenzial für Särgen und Urnen, Marktakzeptanz und technische Anforderungen</li> <li>- Kenntnis über Werkstoffvorteile der NFK oft nicht bekannt (z. B. Akustik, Feuchteausgleich)</li> <li>- Eigenschaften von NFK für die Elektronikindustrie z. T. noch in Erprobung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Spielzeubereich besonders sensibel für gesundheitlich unbedenkliche Werkstoffe</li> <li>+ Steigende Zahlen für Kunststoffanwendungen bieten Potenzial für alternative NFK-Lösungen</li> <li>+ Kostengünstige Eigenschaftsverbesserung der Spielzeuge durch NF-Verstärkung</li> <li>- Sportbereich ist ein High-Tech-Markt, Trend geht zur Kohlenstofffaser =&gt; technische Grenzen der NFK</li> </ul> |

\* HK = Herstellkosten für das Rohbauteil; \*\* Naturfasern inkl. Holz, Cotton, Hanf, Flachs, Jute etc.

Abbildung: Übersicht über den Markt Faserverbundwerkstoffe und Formteile

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Wie der Zusammenstellung in der Tabelle zu entnehmen ist, lassen sich Naturfasern mit nahezu allen Verfahren zu Verbundwerkstoffen verarbeiten.

| Teilmärkte                        | Wertschöpfungsketten   |
|-----------------------------------|--|
| Interieur/<br>Automobil           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formpressen: Aufschluss / Nadelfilz, Mischfilz, Nassschwemmverfahren =&gt; Umformung</li> <li>• Spritzgießen: Faseraufschluss / Compoundieren / Spritzgießen</li> </ul>   |
| Struktur /<br>Exterieur           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fließpressen: Faseraufschluss und -konditionierung / Formmassenherstellung / SMC &amp; LFT</li> <li>• Spritzguss und Extrusion: Faseraufschluss / Compoundieren / Extrusion und Spritzguss</li> <li>• Sonstige: Faseraufschluss / Band- oder Garnherstellung / z. B. Pultrusion / RTM / Laminier</li> </ul> |
| Gehäuse                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fließpressen: Faseraufschluss und -konditionierung / Formmassenherstellung / SMC &amp; LFT</li> <li>• Spritzgießen: Faseraufschluss / Compoundieren / Spritzgießen</li> <li>• Sonstige: z. B. Zellformverfahren: Faseraufschluss / Faserkonditionierung / Herstellung</li> </ul>                            |
| Sport, Freizeit<br>und Spielwaren | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formpressen: Faseraufschluss / Nadelfilz, Mischfilz =&gt; Umformung</li> <li>• Spritzgießen: Faseraufschluss / Compoundieren / Spritzgießen</li> <li>• Sonstige: Faseraufschluss / Halbzeugherstellung / z. B. RTM / Laminierverfahren</li> </ul>   |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Faserverbundwerkstoffe und Formteile

Die Automobilindustrie ist maßgeblich an der Entwicklung neuer **NFK-Fertigungsverfahren** beteiligt. Die verwendeten Verfahren umfassen: Formpressen, NF-Compoundierung, Spritzgießen, Extrusion, Fließpressen und Pultrusion. **Schlüsseltechniken** sind dabei das „one-step-Verfahren“, der Einsatz von Haftvermittlern und die Zusammenschaltung von Prozessschritten.

- Das **Formpressen** stellt ein etabliertes Verfahren dar, das aufgrund der Wissensbindung bei den Tier-One-Suppliern allerdings nur schwer auf andere Branchen übertragen werden kann. Eine **relevante technische Entwicklung** ist die Kombination von Verfahrensschritten beim Formpressen (z. B. „one-step-Prozess“, Vakuumkaschierung). Die Potenziale zur **Prozesskostensenkung** sind bei etablierten Verfahren wie dem Formpressen gering, jedoch bei neuen Verfahren wie dem Spritzgießen durch Skaleneffekte sehr hoch.
- Bei der **Compoundierung**, dem wesentlichen Schritt zur Granulatherstellung für Spritzgussanwendungen, ist die Faserzufuhr bisher noch nicht befriedigend gelöst.
- **Fließpressen** weist ein großes Entwicklungspotenzial auf.

- Das **Langfaser-Thermoplast-Pressverfahren (LFT)** erfolgt erstmals in Außenanwendung.
- Das **Sheet-Moulding-Compound-Verfahren (SMC)** wird in ersten Prototypen angewendet, wobei Berechnung und Simulation bisher nicht gelöst sind.
- Für **Wood-Plastic-Composites (WPC)** im Spritzguss und im Bereich Extrusion erfolgte der Produktionsstart in Deutschland.

Für den **Einsatz von Naturfasern** aus heimischer Landwirtschaft ergibt sich eine durchweg positive **Umweltbilanz**, wie z. B. die Arbeiten von Flake und Wötzel zeigen. Sie untersuchen in einer vergleichenden Lebensweganalyse einen Trägerwerkstoff für ein Bauteil im Bereich der Innenverkleidung eines Automobils aus einem hanfnadelfilzverstärkten Epoxidharz einerseits sowie aus ABS-Spritzguss andererseits. Beim **kumulierten Energieaufwand** für die Bauteilherstellung fallen die deutlichen Vorteile der Kombination aus Hanffasern und Epoxidharz gegenüber der ABS-Variante auf.<sup>1</sup> Die Autoren sehen ein weiteres ökologisches Verbesserungspotenzial in der Substitution des petrochemischen Epoxidharz-Härter-Systems. Ein möglicher Ansatz ist die Verwendung von Polymeren auf der Basis von Nawaro. Bei einem Vergleich zwischen einem SMC-Bauteil aus Glasfaser/Polyester und einem hanffaserverstärkten Epoxidharz auf der Basis von Pflanzenöl, weist der Polymerwerkstoff PTP® nach ersten Ergebnissen aus der Ökobilanzierung in fast allen Wirkungskategorien deutlich geringere Werte auf.<sup>2</sup>

Verbundwerkstoffe aus thermoplastischen Kunststoffen und Holzfasern, -mehl oder -spänen, so genannte **Wood-Plastic-Composites (WPC)**, bilden eine noch relativ junge Werkstoffgruppe. Sie bestehen aus thermoplastischen Kunststoffen sowie aus Holz. Das wichtigste Verfahren zur Herstellung von WPC ist das Extrudieren von Profilen (Schwerpunkt im Massenmarkt USA). Einzelteile können aber auch durch Spritzgießen hergestellt werden (zu erwartendes Potenzial in Europa). Darüber hinaus sind WPC auch nach der Urformung in gewissen Grenzen thermisch plastifizierbar und damit nachformbar. Die Auswahl einer Verarbeitungskette hängt vom Fasergehalt ab. Mit Holzmehl oder Holzfasern

---

1 vgl. Flake und Wötzel, 1999 sowie Wötzel et al., 1999

2 vgl. Müssig et al., 2004

gefüllte Bauteile mit einem Holzanteil von bis zu 50 % sowie Holzcompounds mit einem Holzanteil von 50 bis 70 % werden im Standard-Extrusionsverfahren verarbeitet; bei Bauteilen mit einem Holzanteil von 70 bis 95 % wird das Direkt-Extrusionsverfahren angewendet.<sup>3</sup>

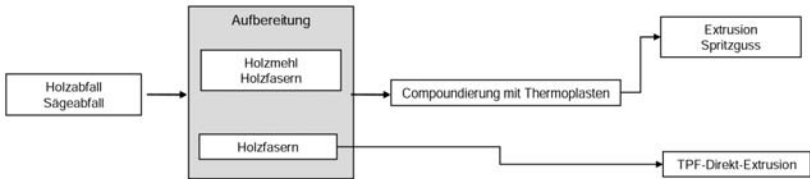


Abbildung: Verarbeitungskette von Wood-Plastic-Composites (WPC)

Der Einsatz von WPC bringt einige **technische Vorteile** mit sich. So bieten extrudierte Holz-Kunststoff-Profile die Chance komplexe Profile zu erzeugen, die andernfalls durch eine Vielzahl von mechanischen Bearbeitungsschritten wie Fräsen und Kehlen erzeugt werden müssen. Sie ermöglichen eine Massereduzierung durch Hohlkammerkonstruktionen und damit einen umweltschonenden Werkstoffeinsatz und einen effizienten Ressourceneinsatz. Außerdem ermöglichen sie eine Umformung mit Standardverfahren aus der Kunststoffindustrie (Profilextrusion, Spritzguss). Neben den technischen Vorteilen weisen WPC auch **ökologische Vorteile** auf. Holz oder anderen pflanzlichen Rohstoffen sind preisgünstig herstellbar und haben bei geringer Masse hohe Festigkeitswerte.<sup>4</sup> Gegenüber anderen Verstärkungsfasern (wie Glasfasern) haben sie eine **bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz**. Eine detaillierte Studie zu den Marktzahlen und Entwicklungen von WPC in Deutschland wurde vom nova-Institut für die FNR angefertigt.<sup>5</sup>

3 vgl. Breuning, 2004

4 vgl. Berns, 2004

5 vgl. Vogt et al., 2005

### 3 Analyse des Marktes

#### Kunststoffe im Automobil

In Deutschland werden ca. 5,3 Mio. PKW und ca. 400.000 leichte NFZ, also insgesamt 5,7 Mio. Fahrzeuge produziert. Beim Automobil entfällt ca. die Hälfte der Kunststoffanwendungen auf Innenteile wie z. B. Verkleidungen. Weitere wesentliche Anwendungen finden sich im Außenbereich (z. B. Stoßfänger) und „under the hood“ (z. B. Motorenauskleidung, Kapselungen und Tank). Die Kunststoffanwendungen verteilen sich wie folgt:

- Interieur 49,5 %,
- Exterieur 19,5 %,
- „Under the hood“ 21 %,
- Elektrik und Licht 10 %.

In Deutschland wurden 2003 im Automobilbereich 955 kt Kunststoff abgesetzt. Abzüglich eines Exportüberhangs von 35 % belief sich der tatsächliche Kunststoffverbrauch im Automobilbereich in Deutschland auf 620 kt, was 7 % des Gesamtverbrauchs entspricht.<sup>6</sup> Werden diese 620 kt auf die 5,7 Mio. produzierte Automobile verteilt, ergibt sich eine Gesamtmasse für das Interieur von 54 kg je Kfz. Da diese Zahl als zu niedrig erscheint, werden sehr wahrscheinlich fertige Interieur-Teile aus Kunststoff importiert. Für die weitere Betrachtung wird deshalb folgende Berechnung zugrunde gelegt: Bei einem Mittelklassefahrzeug mit einer Masse von 1150 kg entfallen ca. 13 % der Masse auf die Kunststoffbauteile, also ca. 150 kg. Davon entfallen auf die Kunststoffanwendungen im Interieur ca. 50 % bis maximal 75 kg und auf die Kunststoffanwendungen im Exterieur ca. 20 % bis maximal 30 kg.<sup>7</sup> Insgesamt werden im Fahrzeugbereich sehr unterschiedliche Kunststoffe eingesetzt, mit leichter Fokussierung auf PP (~ 27 %), ABS, ASA, SAN, PUR und Polyamid.<sup>8</sup>

Der **Markt** für Faserverbundwerkstoffe und Formteile aus und mit Naturfasern ist **vielfältig** und splittet sich in folgende Bereiche:

- Automobil: Interieur und Exterieur,
- Strukturanwendungen und Außenbauteile,
- Gehäuse,

---

6 vgl. PlasticsEurope, 2004

7 vgl. Automobil Produktion, 2005

8 vgl. PlasticsEurope, 2004

- Sport, Freizeit und Spielwaren.

Bei der Produktion finden folgende **Verfahren** Anwendung:

- Formpressen: Automobil-Innenbereich, Tablett, Koffer und Möbel,
- Spritzgießen: Automobil-Innenbereich, Gehäuse, Kleinteile, Spielzeug,
- Extrusion: WPC-Markt USA im „Decking“-Bereich,
- Fließpressen Auto-Struktur (LFT) und (SMC).

Naturfasern sind dabei **Substitute** für petrochemische Polymerwerkstoffe mit und ohne Füller/Verstärkung. Während Fasern, Granulate, Halbzeuge und Bauteile ohne Probleme transportiert werden können, sollte die Pflanzenproduktion nicht weiter als ca. 100 km vom Faseraufbereiter entfernt sein. Beim anhaltenden Trend der Erdölpreisentwicklung wird sich die **Preiskonkurrenz** zu Gunsten von Naturfasern weiter verbessern. Nach Preiserhebungen ist die Validität einer moderaten Preisentwicklung bei Naturfasern in den letzten Jahren zum Teil schon besser gegeben als bei petrochemischen Produkten.<sup>9</sup> Ein ähnlicher Trend ist in den nächsten Jahren für Polymerwerkstoffe auf der Basis von Nawaro zu erwarten.

Der **Einsatz von Naturfaser-Verbundwerkstoffen** in der deutschen und österreichischen Automobilindustrie ist zwischen 1996 und 2002 **stark angestiegen**. Seit 1996 zeigt sich ein fast linearer Anstieg der Einsatzmengen mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von ca. 22 % bis 2002. In Deutschland und Österreich wurden 2002 **über 17.000 t Naturfasern** in automobilen Verbundwerkstoffen eingesetzt, in der EU dürften es ca. 25.000 t gewesen sein. Die Prognosen der Tier-One-Supplier für die Mengenentwicklung zwischen 2001 und 2005 betragen ca. 14 bis 15 % pro Jahr.<sup>10</sup>

Von den 18.000 t Stängel- und Blattfasern (vgl. Tabelle) entfielen ca. 9.000 t auf Flachs, ca. 2.500 t auf Hanf und der Rest auf Jute, Sisal und Kenaf. Im Jahr 2003 wären 25.000 t Holzspäne und ca. 11.500 t Hanf und Flachs aus deutschem Anbau darstellbar gewesen. Es wurden allerdings nur ca. 1.500 t Hanf und Flachs aus heimischem Anbau eingesetzt.

In den Automodellen, in denen 2003 Naturfasern für Formpressteile eingesetzt wurden, betrug der durchschnittliche Einsatz an Naturfasern zwischen 5 und 10 kg. Zukünftig ist damit zu rechnen, dass weitere Mo-

---

9 vgl. Müssig et al., 2005

10 vgl. Kaup et al., 2003

| Naturfaser                                | Hauptanwendungen                          | Naturfaser-Einsatz (in t) | Durchschnitt NF pro Kraft-fahrzeug (in kg) | NF-Verbundwerkstoffe (in t) |
|---|---|---------------------------|--|-----------------------------|
| Naturfasern (ohne Cotton- und Holzfasern) | Innenraum von Mittel- und Ober-Klasse PKW | 18.000                    | 3,3 (PKW: 3,5)                             | ca. 45.000                  |
| Holzfasern                                | Innenraum PKW und LKW                     | ca. 25.000                | ca. 4,5                                    | ca. 36.000                  |
| Rezyklierte Cottonfasern                  | Innenraum PKW und Fahrerkabine LKW        | ca. 45.000                | ca. 8,2                                    | ca. 79.000                  |
| <b>Gesamt</b>                             | <b>PKW und LKW</b>                        | <b>ca. 88.000</b>         | <b>ca. 16</b>                              | <b>ca. 160.000</b>          |

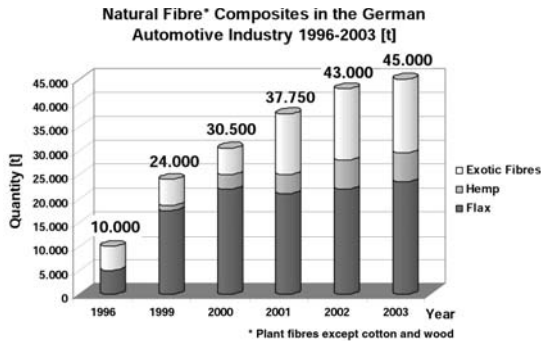
Quelle: Karus, Ortman, Vogt, 2004

Abbildung: Einsatz von Naturfasern in der deutschen Automobilproduktion 2003

delle sowohl in anderen Fahrzeugsegmenten und Verkehrsträgern als auch in anderen europäischen Ländern mit Naturfaserformpressteilen ausgerüstet werden. Der **Markt** für NFK wird insbesondere in den Bereichen NF-Spritzgießen, WPC und Form- und Fließpressen **wachsen**. Bei den derzeit eingesetzten Mengen pro Automobil ergibt sich bei 16 Mio. produzierten Fahrzeugen in Westeuropa ein **Marktpotenzial von 80.000 bis 160.000 t/a an Naturfasern für Formpressteile**. Modifizierte Naturfasern können hierbei die Anwendungsfelder in Richtung höherwertigere, leichtere und höher belastbare Konstruktionen erweitern.

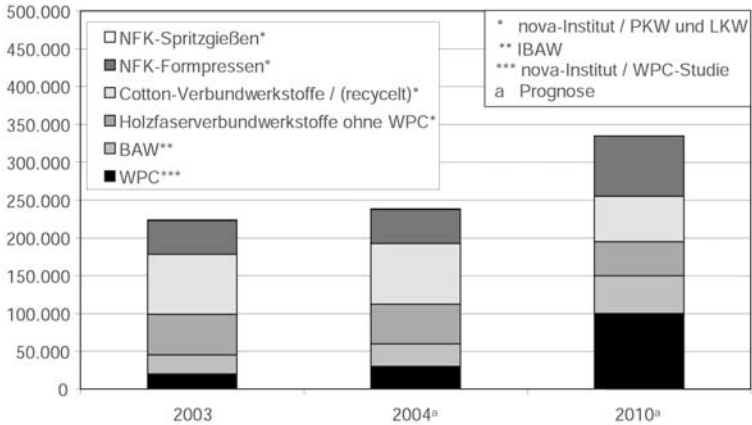
Naturfaserverbundwerkstoffe haben sich, wie in der Grafik (s. S. 439 oben) dargestellt, zu einem wichtigen Werkstoff für Innenverkleidungsteile im Automobilbereich entwickelt.

Die möglichen Naturfaseranteile im Verbundwerkstoff betragen beim Formpressen ca. 50 %, beim Naturfaserspritzguss 20 bis 60 % und beim Fließpressen 20 bis 40 %. WPC enthalten in Europa 50 bis 80 % Holzmehl. Besonders interessant gestaltet sich der Bereich **Form- und Fließpressen** mit **Zuwächsen** insbesondere im Außenbereich. Für **WPC** und **NF-Spritzgießen** wird, ausgehend von dem momentan relativ niedrigen Niveau, ein besonders **starkes Wachstum** gesehen.



Quelle: Karus 2005

Abbildung: Naturfaserverbundwerkstoffe im deutschen Automobilbau 1996 bis 2003 (ohne Cotton- und Holzfaserverbundwerkstoffe)



Anmerkung: Für das Jahr 2003 und 2004 sind (außer BAW, WPC, NF-Spritzgießen) nur Automobilanwendungen erfasst, für 2010 sind auch Bereiche außerhalb des Automobilbereichs erfasst

Abbildung: Prognosen für die Entwicklung von Naturfaserverbundwerkstoffen 2003 bis 2010



In der Grafik (s. S. 439 unten) sind auf der Basis aktueller Markterhebungen einige Prognosen für die Entwicklung des NFK-Bereichs dargestellt. Wachsen werden demnach insbesondere die Bereiche: NF-Spritzgießen, WPC und Form- und Fließpressen.

Erste Anwendungen eines Fließpressbauteils im KFZ-Außenbereich haben Signalwirkung für die gesamte NFK-Branche. Dies soll am **Beispiel** für den Einsatz von NFK in der Unterbodengruppe der Mercedes A-Klasse näher diskutiert werden.<sup>11</sup>

- Das Bauteil hat die Außenmaße von ca. 1.450 x 760 mm und wiegt 2.100 g.
- Der Faseranteil beträgt ca. 30 Masseprozent (630 g).
- Die Serie umfasst ca. 110.000 Fahrzeuge pro Jahr, bei einer Laufzeit von sieben Jahren.
- Daraus ergibt sich eine Gesamtmenge in sieben Jahren von 485 t Fasern und 69 t Fasern pro Jahr.

Würden alle 5,7 Mio. in Deutschland produzierten Fahrzeuge mit einem entsprechenden NFK-Bauteil in der Unterbodengruppe ausgestattet, ergäbe sich allein hierdurch ein Naturfaserbedarf von ca. 3.600 t pro Jahr. Dieser Einsatz hätte z. B. eine Flächenbindung von ca. 2.400 ha Hanf zur Folge.

Das **Sheet-Moulding-Compound-Verfahren (SMC)** hat in Deutschland für die Verarbeitung glasfaserverstärkter Kunststoffe (GFK) eine große Bedeutung. 1997 wurden in Deutschland 59.000 t GFK im SMC-Verfahren produziert, in Europa waren es 180.000 t.<sup>12</sup> In Europa erhöhte sich die Verarbeitungsmenge von GFK im SMC-Verfahren im Jahr 1999 auf 197.000 t. Einen wesentlichen Anteil an diesem Wachstumstrend hat der Produktionsausbau in Deutschland.<sup>13</sup> Nach Bültjer betrug der für das Jahr 2002 zu erwartende Markt für SMC/BMC in Europa 263.000 t, wobei 70 % durch SMC abgedeckt wurden.<sup>14</sup>

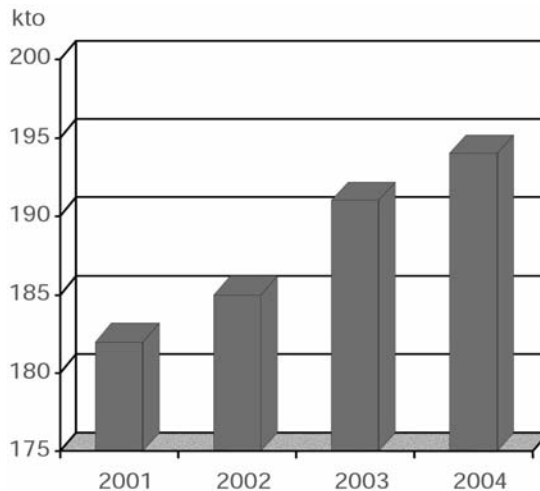
---

11 vgl. Wirth, 2005

12 vgl. GKV, 1997

13 vgl. Schachner, 2000

14 vgl. Bültjer 2002



Quelle: AVK-TV, 2004

Abbildung: Entwicklung des SMC-Einsatzes in Europa

Der **SMC-Bereich** eröffnet Möglichkeiten für einen **höherwertigen Einsatz von Naturfasern**. Den größten Markt stellt hierbei nach dem Elektro- und Elektronikbereich (E&E) die Automobilindustrie dar. Sheet-Moulding-Compounds werden im Fließpressverfahren aus flächigen, mit Reaktionsharz imprägnierten Faserhalbzeugen erzeugt. Die technische Machbarkeit zur Herstellung eines SMC-Bauteils auf der Basis von Nawa-ro konnte gezeigt werden.<sup>15</sup> Durch die Wahl geeigneter Fasern, die optimierte Herstellung von textilen Halbzeugen und die Entwicklung einer „reifefähigen“ SMC-Variante auf der Basis von Pflanzenöl konnten die Vorprodukte soweit optimiert werden, dass keine verfahrenstechnischen Änderungen bei der Bauteilfertigung aus dem Halbzeug notwendig sind.

Mit der Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union am 13.02.2003 sind die **Europäische Richtlinie 2002/96/EG zur Elektroaltgeräteeentsorgung** (WEEE, Waste Electrical & Electronic Equipment)

<sup>15</sup> vgl Müssig et al., 2004

sowie die Richtlinie 2002/95/EG zur **Stoffbeschränkung** (RoHS, Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Appliances) in Kraft getreten. Die Produktverantwortung der Elektro- und Elektronikindustrie ist ein zentrales Anliegen der Richtlinien. Die Hersteller sind zur Rücknahme und Entsorgung von E&E-Geräten verpflichtet und übernehmen bereits dann, wenn Neugeräte auf den Markt gebracht werden, die Garantie für die umweltgerechte Entsorgung. Demontage, Verwertung und vor allem die Wiederverwendung von E&E-Geräten stehen dabei im Mittelpunkt. Wesentliche Bestimmungen der Richtlinien sind:

- kostenlose Rückgabe von Elektrogeräten für private Haushalte,
- getrennte Sammlung, Behandlung und Verwertung der Geräte sowie die Festlegung von Sammel- und Verwertungszielen,
- Kennzeichnungspflicht der Geräte,
- Stoffverbote für bestimmte Schwermetalle (Blei, Quecksilber, Cadmium, Chrom-VI),
- Verbot bestimmter Flammschutzmittel (PBB, PBDE).

Durch die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie zur Entsorgung von Elektrogeräten werden **neue Impulse für umweltfreundliche Alternativprodukte** gegeben. In Deutschland produzieren 38 Mio. Haushalte jedes Jahr 1,5 Mio. Tonnen Elektroschrott. In diesem Bereich ergeben sich große Potenziale für alternative Werkstoffe. Eine Möglichkeit stellt die Substitution von Glasfaserverbundwerkstoffen dar. Ob die hohen Anforderungen durch Nawaro erfüllt werden können, wird für einen ligninbasierten Werkstoff zurzeit untersucht.<sup>16</sup>

In der **Elektro- und Elektronik-Industrie** werden für den Einsatz von Kunststoffen folgende Bereiche unterschieden: Weiße Ware (23 %), Braune Ware (5 %), Kabel und Installationstechnik (31 %), IT/TK (15 %) sowie Sonstige (26 %). In Deutschland ergab sich 2003 für den Elektro- und Elektronikbereich eine Produktionsmenge von 795 kt an Kunststoff. Abzüglich eines Exportüberhangs von 7 % belief sich der tatsächliche Kunststoffverbrauch in Deutschland auf 740 kt. Das entspricht 8,3 % des Gesamtverbrauchs an Kunststoff. Im Elektro- und Elektronikbereich kommen aufgrund der heterogenen Anwendungen und Einsatzbereiche unterschiedlichste Kunststoffe zum Einsatz, u. a. PS, PP, PVC, ABS, ASA, SAN, PA sowie sonstige Kunststoffe (z. B. Duroplaste).<sup>17</sup>

---

16 vgl. Nägele, 2005

17 vgl. PlasticsEurope, 2004

Im Bereich **Haushaltswaren** ergibt sich ein interessantes Potenzial für Naturfaser-Spritzgussanwendungen. In Deutschland wurden im Jahr 2003 für den Markt der Haushaltswaren (ohne Elektrogeräte) 370 kt an Kunststoff produziert. Zuzüglich eines Importüberhangs von 27 % ergibt sich der tatsächliche Kunststoffverbrauch in Deutschland von 470 kt, das entspricht 5,3 % des Gesamtverbrauchs.<sup>18</sup> Es wird davon ausgegangen, dass es bis 2010 möglich ist, 2,5 % der eingesetzten Kunststoffanwendungen durch NFK zu ersetzen.

Der Bedarf an **schneller kompostierbaren Särgen** und **Urnen** wird durch veränderte Rahmenbedingungen wachsen. Probleme bei der Vermarktung abbaubarer Urnen ergeben sich insbesondere durch staatliche Vorgaben und Ausschreibungen, sowie durch die regionale Umsetzung des Friedhofgesetzes.<sup>19</sup> Die Produktion von **Urnen** in Deutschland wird im Bericht des Statistischen Bundesamtes nicht extra ausgewiesen. Im Jahr 2003 wurden 280.593 Holzsäрге mit einem Wert von 63.596.000 € produziert. Im Jahr 2002 starben in Deutschland 841.673 Menschen.<sup>20</sup> Die Branche der Bestattungsunternehmen setzte 2 Milliarden € um, die sich auf insgesamt 4.000 Bestatter mit insgesamt 25.000 Mitarbeitern aufteilte. Während in Hamburg 50 % der Bestattungen in Form von Feuerbestattungen stattfanden, waren es in München nur 5 %. Bei einem angenommenen durchschnittlichen Anteil von 25 % Feuerbestattungen ergibt sich ein Bedarf an Urnen von ca. 212.500. Werden diese Urnen aus Naturfasern und einem biologisch abbaubaren Polymerwerkstoff hergestellt, würden bei einem Faseranteil von ca. 150 g je Urne insgesamt 31 t Naturfaserfilze pro Jahr benötigt.<sup>21</sup> Der Einsatz von **NFK-Särgen** hat sich in ersten Praxistests während der Feuerbestattung bezüglich der Abbrandgeschwindigkeit als problematisch erwiesen.<sup>22</sup>

Der Einsatz von NFK im **Schienenfahrzeugbau** wird durch die hohen Produktanforderungen und die Gewährleistungsbestimmungen erschwert. Motivation für einen Einsatz von FVK in diesem Bereich ist ins-

---

18 vgl. PlasticsEurope, 2004

19 vgl. Malok, 2005

20 vgl. Azmedia, 2005

21 vgl. Goedecke, 2005

22 vgl. Sperber, 2004

besondere die durch FVK realisierbare Leichtbauweise. FVK könnten in den Bauteilen Sitze, Tische, Trennwände, Nasszellen, Schränke, Elektro-schränke, Teppiche und Sitzbezüge verwendet werden. Im Straßenbahn-bau könnten 100 kg FVK im Innenbereich, 500 kg im Kopf sowie 500 bis 800 kg bei der Beplankung eingesetzt werden. Im Reisewagenbau könn-ten 500 kg FVK im Innenbereich sowie 200 kg für die Nasszelle eingesetzt werden. Die Lebensdauer eines Wagens beträgt in der Regel 30 Jahre, wobei eine Erneuerung des Innenausbaus nach ca. zehn Jahren erfolgt (bei einer Gewährleistungsdauer von fünf Jahren). Auf dem Straßenbahn-bau lastet ein hoher Konkurrenzdruck. Zudem ist der Markt in Deutsch-land aufgrund der hohen Anforderungen an Brandschutz, Rauchent-wicklung und Toxizitäten, Vandalismus- und Unfallsicherheit, Akustik und Wärmeisolation sowie Reinigungsfähigkeit schwierig.<sup>23</sup> Erste Proto-typen aus NFK wurden bereits umgesetzt und finden in der Hamburger Hochbahn Anwendung.<sup>24</sup>

Im **Flugzeugbau** führten Ingenieure in Großbritannien bereits in den 1940er Jahren wegen der Aluminiumverknappung infolge des Zweiten Weltkriegs Experimente mit einem neuen Werkstoffkonzept durch. Erfolg versprechend war dabei ein Verbundwerkstoff aus Flachsfasern und Phenolharz, der in einer flugfähigen Version des „Spitfires“ zum Ein-satz kam.<sup>25</sup> In den USA wird zurzeit an dem Einsatz von Naturfasern im Innenbereich von Kleinflugzeugen gearbeitet. So sollen z. B. Innenver-kleidungsteile einer Cessna-Variante aus Flachsfaserverbundwerkstoffen gefertigt werden.<sup>26</sup> In Kanada (Boeing) wird an einer NFK-Außenan-wendung geforscht.<sup>27</sup> Auch in Europa werden Konzepte für den Einsatz von NFK im Flugzeugbau erarbeitet. Am sinnvollsten scheint zurzeit die Erprobung von Innenverkleidungsteilen. Wegen der hohen Anforderungen und insbesondere wegen der langen Zertifizierungszeiten für neue Werkstoffe im Flugzeugbau wird sich der Markteintritt allerdings eher mittel- bis langfristig realisieren lassen.

Die Produktion von zivilen und halböffentlichen Starrflügelflugzeu-gen mit einer Masse kleiner 2.000 kg erfolgt in Deutschland durch drei

---

23 vgl. Calomfirescu, 2005

24 vgl. Riedel, 2004

25 vgl. Lombardo, 2002

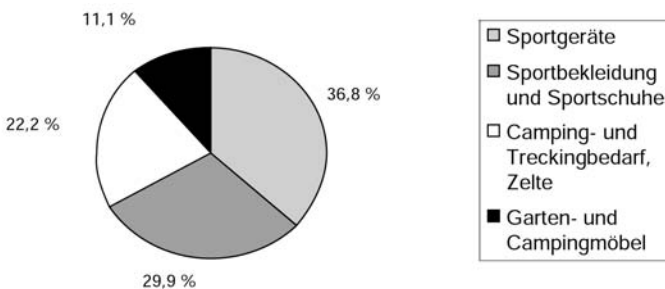
26 vgl. Dodd, 2005

27 vgl. McKay, 2005

Anbieter. Die Produktion dieser Flugzeuge sank mit einem Stand von 172 Stück (33 Mio. €) im Jahr 2002 auf 115 Stück (16 Mio. €) im Jahr 2003 und auf 109 Stück (11 Mio. €) im Jahr 2004. Die Verwendung von Faserverbundwerkstoffen im Flugzeugbau von insgesamt acht Betrieben stieg von 199 t (7 Mio. €) im Jahr 2002 auf 219 t (6 Mio. €) im Jahr 2004.<sup>28</sup>

Der Markt für **Freizeit und Sport** (vgl. Abbildung) bietet Chancen für NFK. Im Sportbereich sind die Anforderungen allerdings hoch und das Marktvolumen vergleichsweise klein. Es handelt sich um einen „High-Tech-Markt“, der zum Einsatz von Kohlenstofffasern tendiert. NFK stoßen in diesem Bereich an technische Grenzen.

Die Produktion in Deutschland belief sich 2004 auf 544.000 Paar Alpin-Ski und 60.000 Snowboards. In der Ski-Fertigung werden in Europa 240 t Verbundwerkstoffe und in der Tennisschlägerproduktion 260 t Verbundwerkstoffe verarbeitet. Der aktuelle Absatz von Surfboards betrug im Jahr 2004 weltweit 800.000–1.000.000 Stück. In diesem Markt sind keine Trends erkennbar. Der Umsatz an in Deutschland produzierten Wasserskiern und Surfbrettern belief sich im Jahr 2003 auf 2,4 Mio. €. Die Produktion von Sportbooten wird in Deutschland durch ein bis zwei Unternehmen be-



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005

Abbildung: Umsätze der Sportartikelindustrie

28 vgl. Statistisches Bundesamt, 2005c

stimmt. Für Boote mit einer Masse kleiner 100 kg (z. B. Vergnügungsboote, Ruderboote oder Kanus) fiel der Umsatz von 6,2 Mio. € im Jahr 2002 auf 4,3 Mio. € im Jahr 2004.<sup>29</sup> In Indien sind seit den 1980er Jahren Ruderboote aus Jute- und Glasfasern im Einsatz. In Deutschland laufen erste Versuche mit Naturfasern im Kanubereich mittels Injektionsverfahren. Das Potenzial für diese Anwendung liegt bei 100 t Fasern pro Jahr.<sup>30</sup>

Im Markt für **Musikinstrumente und Spielzeug (Spielwaren)** ist Holz auf dem Rückzug, während Kunststoffanwendungen zunehmend interessanter werden (vgl. Tabellen). Mit einem Spielwarenumsatz von insgesamt 17,3 Mrd. € in 2003 liegt Deutschland auf dem dritten Platz hinter Großbritannien und Frankreich. Im Jahr 2002 waren in der Spielzeugindustrie 600 überwiegend mittelständische Unternehmen mit 13.000 Beschäftigten tätig. Der Produktionswert lag bei 1,24 Mrd. € mit 1,83 Mrd. € Exporten und 2,62 Mrd. € Importen. Die Produktion ist in den letzten 10 Jahren in etwa konstant. Im Produktionsvergleich von 2002 zu 2003 sank der Anteil an Spielzeugtieren und an Baukästen aus Holz um 8,9 %, während der Anteil an Spielzeug aus Kunststoff um 12 % stieg. Der Produktionswert von Spielzeugtieren und an Baukästen aus Holz belief sich 2003 auf 79,6 Mio. €. Insgesamt lag der Produktionswert von Spielwaren (ohne Münzspiele mit 135 Unternehmen) bei 1.225 Mrd. €, und verschlechterte sich damit im Vergleich zum Vorjahr (2002) um 0,7 %. Der Umsatz der Musikinstrumentindustrie lag 2002 bei 400 Mio. € und ging 2003 auf 399 Mio. € zurück. Die Exportquote ist in diesem Bereich mit 61 % sehr hoch.

Wie die Angaben in den Tabellen (s. S. 448) dokumentieren, werden im Markt für Spielwaren Kunststoffanwendungen zunehmend interessanter.

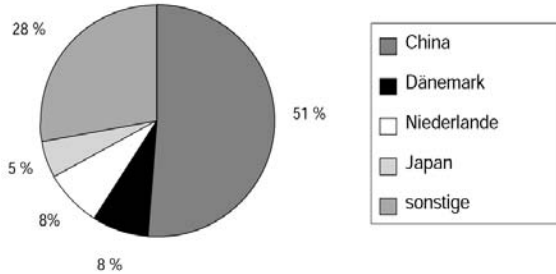
Der Spielzeubereich ist besonders sensibel im Hinblick auf gesundheitlich bedenkliche Werkstoffe. Bei entsprechenden Eigenschaften ergeben sich Anwendungsmöglichkeiten für NFK, z. B. von 100 bis 200 t/a im Spielfigurenmarkt.<sup>31</sup> Das Marktwachstum bei den Kunststoffanwendungen bietet Potenzial für alternative NFK-Lösungen, wenn die Anforderungen an die Schlagzähigkeit erfüllt sind.

---

29 vgl. Statistisches Bundesamt, 2005

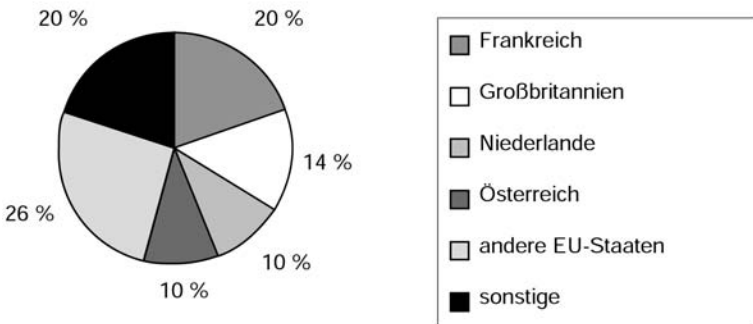
30 vgl. Wichmann, 2004

31 vgl. Nägele, 2005b



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005b

Abbildung: Einfuhrländer von Spielwaren 2002



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005b

Abbildung: Der Export von Spielwaren im Ländervergleich 2002

Die im Spielzeuggbereich erforderliche hohe **Schlagzähigkeit** ist nicht mit Hanf und Flachs zu erreichen. Durch den Einsatz von Bastfasern in NFK lassen sich zwar hohe Steifigkeiten und Festigkeiten erreichen, die



| Warengruppe<br>Produktion in Deutschland   | 1990<br>(in 1.000 €) | 2003<br>(in 1.000 €) | Veränderung<br>gegenüber<br>Produktion 2002<br>(in %) |
|--|----------------------|----------------------|---|
| Puppen aus Kunststoff                      | 53.000               | 26.198               | - 26  |
| Spielzeugtiere<br>Baukästen aus Holz       | 133.103<br>(2.000)   | 79.599               | - 9   |
| Spielzeugtiere<br>Baukästen aus Kunststoff | 40.492<br>(2.000)    | 43.090               | + 12  |
| Modelle (Zusammenbau)<br>aus Kunststoff    | 45.000               | 33.430               | + 9   |
| Sonstige Spielwaren aus<br>Kunststoff      | 240.000              | 341.694              | + 6   |
| Gesellschaftsspiele<br>(ohne Karten)       | 92.000               | 26.283               | - 23  |
| Spielwaren insgesamt                       | 1.070.000            | 1.225.778            | - 0,7   |

Quelle: Spielwaren, 2003

Abbildung: Produktion der Spielwarenindustrie in Deutschland 2003

| Warengruppe<br>Import und Export 2003      | Import 2003<br>(in 1.000 €) | Export 2003<br>(in 1.000 €) | Veränderung<br>gegenüber<br>Import/Export<br>2002 (in % ) |
|--|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Puppen aus Kunststoff                      | 61.617                      | 31.248                      | - 9/+ 2   |
| Spielzeugtiere<br>Baukästen aus Holz       | 23.145                      | 18.824                      | + 41/- 29/+ 1   |
| Spielzeugtiere<br>Baukästen aus Kunststoff | 197.968                     | 79.508                      | + 16/- 7  |
| Modelle (Zusammenbau)<br>aus Kunststoff    | 27.052                      | 30.147                      | - 10/+ 7  |
| Sonstige Spielwaren<br>aus Kunststoff      | 218.503                     | 114.560                     | + 5/+ 6   |
| Gesellschaftsspiele<br>(ohne Karten)       | 535.652                     | 5.22.385                    | + 53/+ 60   |
| Spielwaren insgesamt                       | 2.732.644                   | 2.004.368                   | + 4,3/+ 9,6   |

Quelle: Spielwaren, 2003

Abbildung: Import und Export der Spielwarenindustrie in Deutschland 2003

Schlagzähigkeitseigenschaften sind hingegen zum Teil sehr gering. Sollen NFK bezüglich der Schlagzähigkeit optimiert werden, müssen Fasern eingesetzt werden, die über eine besondere Kraft-Weg-Charakteristik verfügen.<sup>32</sup> Durch die Verwendung von festen Cottonfasern bei gleichzeitig hoher Dehnung lassen sich die Eigenschaften der Schlagzähigkeit im Vergleich zu einer steiferen Hanffaser wesentlich verbessern.<sup>33</sup> Durch den Einsatz von Cordenkafasern (Fasern auf der Basis von Cellulose) konnten Verbundwerkstoffe mit Pflanzenölharzen hergestellt werden, die bei Fasermasseanteilen von 50 % Schlagzähigkeitswerte von über 60 KJ/m<sup>2</sup> erreichen.<sup>34</sup> Mit Cordenkafasern lassen sich Verbundwerkstoffe herstellen, die fester und zäher als GFK sind und die durch den Zusatz von Talkum eine ausreichende Wärmeformbeständigkeit aufweisen. Zugleich ergeben sich Möglichkeiten zur Masseinsparung sowie zur Verringerung des Werkzeugverschleißes. Im Vergleich zu Glasfasern bietet der Einsatz von Cordenka außerdem Vorteile hinsichtlich der Rezyklierung und der thermischen Entsorgung.<sup>35</sup>

### **Wettbewerbssituation für NFK im Automobilbereich**

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass der Bereich Formpressen für Automobile ähnlich strukturiert ist wie der „normale“ Automobilzuliefermarkt, während die Spritzgussmärkte vergleichbare Strukturen wie die „normale“ Kunststoff-Compoundindustrie haben. Die **Produktionsstufen** sind in der Wertschöpfungskette (Faseraufschluss, Faserhandel, textile Halbzeugherstellung, Teilefertigung, Automobilmontage) miteinander **verflochten** und in wenigen Fällen sogar fast vollstufig in einem Betrieb realisiert.

Für die NFK-Anwendungen im Automobilbereich sind in der PKW-Mittelklasse (M1 und M2) und in der PKW-Oberklasse (H1 und H2) ein **Vielzahl von Innenanwendungen bereits realisiert**. In den Segmenten H1 und H2 sind bereits jetzt Bauteile zu 90 % mit Naturfasern verstärkt, in den Segmenten M1 und M2 liegt der Anteil bei 60 %. In PKW des unter-

---

32 vgl. Müssig, et al., 2005

33 vgl. Müssig, 2002. Über die Erhöhung der Schlagzähigkeit von Naturfaser- und Cellulosefaser-Verbundwerkstoffen durch den Einsatz von Fasern mit erhöhter Bruchenergie berichten ebenfalls Mieck et al. (1999) und Weigel et al. (2002).

34 vgl. Müssig et al., 2004

35 vgl. Ganster und Fink, 2005

ren Marktsegments (B1 und B2) sind ca. 30 % der Bauteile mit Holz verstärkt.<sup>36</sup> Während in den Segmenten M1 und M2 sowie H1 und H2 kaum große Zuwachsraten zu erwarten sind, kann insbesondere in den Segmenten B1 und B2 durch andere Verfahrenstechniken (z. B. auf Naturfasern angepasste Spritzgusstechniken) mit einem **Zuwachs** gerechnet werden. Während eine Übertragung des Formpressens auf Anwendungen außerhalb der Automobilindustrie mit relativ geringem F&E-Aufwand erreichbar ist, müssen im Bereich des Fließpressens und des Spritzgießens noch Entwicklungsarbeiten geleistet werden.

### **Verhandlungsmacht der Abnehmer und Rolle der Lieferanten für NFK im Automobilbereich**

Bei den Substrate-Suppliern (Naturfasern, Vliese und Filze) handelt es sich in der Regel um kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), wobei die Weiterverarbeitung zu Verbundwerkstoffen hauptsächlich durch international tätige Großunternehmen (Tier-One-Supplier) erfolgt, deren Abnehmer wiederum die oligopolistisch strukturierten Automobilhersteller (OEM) sind. So stehen **viele kleine Anbieter** von Fasern sowie von Vliesen und Filzen relativ **wenigen großen, mächtigen Nachfragern** gegenüber (Marktform des so genannten Nachfrageoligopols). Hinzu kommt, dass die Automobilindustrie ein typisches Beispiel für das Phänomen des Anpassungsdrucks auf die Angebotskette ist (Supply-Chain-Pressure). Die Produzenten von Verbundwerkstoffen, Vliesen, Filzen und Naturfasern, also alle den Automobilherstellern vorgelagerten Stufen, werden zu „Durchreichern“ der Vorgaben der Automobilkonzerne an die ihnen jeweils vorgelagerte Stufe. Hieraus folgt, dass die einzelnen kleinen Anbieter von Fasern, Vliesen und Filzen zunehmend zu Mengen- bzw. Technikanpassern werden, d. h. sie müssen gemäß ihrer individuellen Kostenfunktion ihre Mengen und Techniken gewinnoptimal den vorgegebenen Preisen, Nachfragemengen und Qualitäten anpassen. Dabei muss betont werden, dass kleine Hersteller mit intelligenten, innovativen Lösungen im Sinne einer Emanzipationsstrategie durchaus auch zum **Impulsegeber von unten nach oben** werden können, sofern sie mit ihren Produkten die aktuellen Anforderungsprofile der Automobilkonzerne erfüllen. Waren in den 90er Jahren noch die Automobilkonzerne selber die Know-how-Träger und Promotoren für den Einsatz von naturfaser-

---

36 vgl. Gassan, 2004

verstärkten Verbundwerkstoffen – vor allem DaimlerChrysler, BMW und Audi –, so haben diese Funktion inzwischen zunehmend die Tier-One-Supplier übernommen. Dies gilt für alle Bereiche des Automobils. Nach einer aktuellen Studie von Arthur D. Little wird der Anteil an Innenraum-Komponenten, die von den Zulieferern entwickelt werden, im Zeitraum 2005 bis 2010 von 26 % auf 53 % anwachsen.<sup>37</sup>

Die meisten Werkstoffe im Automobil erfahren wegen ihrer Verstecktheit im Bauteil keine Endkundenwahrnehmung. Anders sieht dies bei WPC und Formteilen aus Nawaro aus. Hier ist insbesondere in Bereichen des täglichen Bedarfs die Attraktivität des Werkstoffs im Produkt (z. B. Haptik) vom Endkonsumenten spürbar.

### **Substitutionsprodukte**

Die Preise für Fasern, die im Bereich des Formpressens zu Innenverkleidungsbauteilen verarbeitet werden, orientieren sich am Weltmarktpreis. **Hanf und Flachs aus Europa** haben sich trotz der internationalen Konkurrenz in der europäischen Automobilindustrie **behaupten können**. Zusätzlich zum Preis bieten die Naturfaseranbieter aus Europa in den meisten Fällen Fasern an, die durch ein aufgebautes Qualitätsmanagement qualitativ auf einem hohen Niveau liegen, was zurzeit allerdings zu keinem Mehrwert seitens der Automobilindustrie führt. Für Naturfaser-Compounds liegen erste Preisvergleiche vor, die das Potenzial dieser Werkstoffe verdeutlichen.

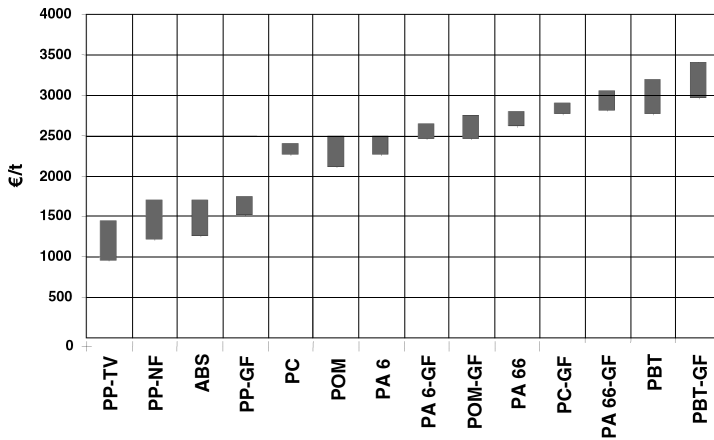
Ein Ausbau des NFK-Marktes ist eng verknüpft mit Verbesserungen bezüglich folgender **Rahmenbedingungen**:

- 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-Cul-

---

37 vgl. Karus et al., 2004



Quelle: Kunststoff Information [www.kiweb.de](http://www.kiweb.de), nova-Institut

Abbildung: Polymerpreise April 2004 (€/t)

ture-Beihilfe (gilt für alle relevanten Kulturpflanzen in der EU) und durch die Verarbeitungsbeihilfe (0,09 € pro 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 % im Endproduktpreis niederschlägt und sich die anteiligen Subventionen im Produkt weiter reduzieren. Die Marktteilnehmer sehen zurzeit insbesondere den Bedarf an verbesserten Rahmenbedingungen und nicht in der Erhöhung der Subventionsquote.<sup>38</sup>

### Zusammenfassung

In der Abbildung sind die Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von NFK zusammenfassend dargestellt.

NFK-Bauteile haben sich trotz geringer Subventionen bereits einen Marktzugang schaffen können. Die Marktteilnehmer sehen zurzeit vor allem Bedarf an verbesserten Rahmenbedingungen. Insgesamt ergeben sich

<sup>38</sup> vgl. Karus, 2005

insbesondere für die Bereiche Exterieur und Struktur sowie Gehäuse interessante Wachstumspotenziale für NFK. So scheint für diese Bereiche ein Ausbau der F&E-Aktivitäten dringend geboten. Die Analyse der Entwicklungen der letzten Jahre im NFK-Bereich zeigt, dass folgende Aspekte in Zukunft stärkere Beachtung finden müssen:

- Deckung der Wissens- und Kommunikationslücke,
- Hilfsmittel für eine bessere Kommunikation,
- Aufbau von Qualitätssystemen,
- Unterstützung der Faserbranche bezüglich der Marktanforderungen,
- Weiterentwicklung der Werkstoffmodelle,
- Erstellung von Klassifikationssystemen.

### Schlussfolgerungen

Da die Bandbreite der betrachteten Bereiche sehr groß ist, sollten Förderungen sich insbesondere an Fertigungsverfahren orientieren, wobei eine zum Teil sehr unterschiedliche Vorgehensweise erforderlich ist.

- **Formpressen:** Wissenstransfer in breitere Anwendungen und neue Branchen; Verbesserung der Berechenbarkeit,
- **NF-Compounds:** Faserdosierung (für einheimische Fasern); preiswerte Optimierung der Schlagzähigkeit; branchenübliche Werkstoffdokumentation,
- **Spritzgießen:** Markteintritt; Verbesserung der Berechenbarkeit der Prozesskette,
- **Extrusion:** Markteintritt,
- **Fließpressen:** Wertung aller Verfahren für Naturfasereignung; Faseraufbereitung, -modifikation und -dosierung; Verbesserung der Berechenbarkeit.

| Stärken  | Schwächen   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anwendungen sind durch die Industrie initiiert worden</li> <li>▪ Vorreiter ist Automobilindustrie</li> <li>▪ Treibende Kraft sind die Eigenschaftsvorteile</li> <li>▪ In einigen Anwendungen mit geringer Subvention preisattraktiv</li> <li>▪ Nachhaltigkeit</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zurzeit fehlende Berechenbarkeit (Simulationen)</li> <li>▪ Fehlende Bekanntheit bei Designern und Architekten</li> <li>▪ Fehlende Veredelungsstufen für höhere Anwendungen</li> <li>▪ Fehlender Transfer zwischen Landwirtschaft und Industrie</li> <li>▪ Wissensbindung in den ersten Wertschöpfungsstufen</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausbau der Anwendungen im Außenbereich</li> <li>▪ Öffnung der Marktsegmente B1/B2 durch Spritzguss</li> <li>▪ Etablierung des WPC-Markts in Europa</li> <li>▪ Etablierung im Konsumgüterbereich</li> <li>▪ Deutlichere Preisstabilität in der Zukunft</li> <li>▪ Leichte Übertragbarkeit auf andere Branchen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verunsicherung der Anwender durch neue Produkteigenschaften</li> <li>▪ Heimischer Anbau versus Weltmarkt</li> <li>▪ Die durch eine aufgebautes Qualitätsniveau erreichbaren Fasereigenschaften werden nicht genutzt</li> <li>▪ Anwendungen von den Abnehmern nicht erkannt</li> </ul>                                  |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Naturfaserverbundwerkstoffen

#### 4 Relevante internationale Erfahrungen

Das Verbot von CCA-haltigen (Kupfer, Chrom und Arsen) Holzschutzmitteln führte in den USA zu einem **Boom der WPC-Anwendungen im Außenbereich**. Während in den USA im Jahr 2000 ca. 200.000 t WPC produziert wurden, lag die Produktionsmenge in Europa bei unter 3.000 t. Bis 2003 hat sich die Produktion in den USA auf 400.000 t verdoppelt, in Europa

erreichte sie 2003 immerhin 30.000 t.<sup>39</sup> In Europa wird der Markt auf einem niedrigeren Niveau verlaufen, mit jedoch ähnlichen Zuwachsraten.

Aus technischer und wirtschaftlicher Sicht ist besonders zu erwähnen, dass sich die Zykluszeiten von Holz/PP zu reinem PP im Spritzguss um ca. 15 % reduzieren lassen. Während der Bereich Extrusion mit holzverstärkten Polyolefinen z. B. in den USA einen großen Marktanteil hat, ist zu erwarten, dass sich in Deutschland der Bereich Spritzguss deutlich ausweiten wird. Potenziale werden insbesondere in der Möbel- und Bauindustrie, z. B. als Träger für Holzfurniere oder in Form von Möbelgriffen, gesehen.<sup>40</sup> Besonders interessant ist der Kostenvergleich zwischen Holzprodukten und WPC-Produkten für den so genannten „decking“-Bereich. Während bei einer Investition für das WPC-Produkt von 630 £ keine Wartungskosten entstehen, erhöht sich der Gesamtpreis des Holzprodukts von 280 £ in sieben Jahren durch Instandhaltungskosten auf 3.630 £.<sup>41</sup>

| Wood & Competitive Decking Demand<br>(million board feet) |       |       |       |                 |       |
|---|-------|-------|-------|-----------------|-------|
|   |       |       |       | % Annual Growth |       |
| Item  | 1995  | 2000  | 2005  | 95/00           | 00/05 |
| Decking Demand  | 4.115 | 4.667 | 5.075 | 2,6             | 1,6   |
| Wood  | 3.976 | 4.366 | 4.470 | 1,9             | 0,5   |
| Wood Plastic  | 95    | 236   | 488   | 20              | 15,6  |
| Plastic & Other   | 44    | 75    | 117   | 11,3            | 9,3   |
| Demand<br>(million \$)                                    | 2.885 | 3.369 | 4.540 | 3,2             | 6,1   |

Quelle: The Freedonia Group, Studie 2003; zitiert in Marx, 2005

Abbildung: Nachfrage in den USA nach Holz im „decking“-Bereich

39 vgl. AMI 2003; Schwendemann & Frisk, 2004

40 vgl. Battenfeld, 2004

41 vgl. wrap, 2003



Wie die Angaben in der Tabelle (s. S. 455) verdeutlichen, kann der Einsatz von WPC in den USA als (Best) Practice für den erfolgreichen Einsatz von NFK herangezogen werden.

Eine detaillierte **Studie zu den Marktzahlen und Entwicklungen von WPC in Deutschland** wurde 2005 vom nova-Institut erstellt.<sup>42</sup> Generelle Trends im WPC-Bereich lassen sich wie folgt zusammenfassen: Der deutsche Markt stellt höhere Anforderungen an WPC-Produkte, z. B. im „decking“-Bereich, im Vergleich zu den USA (z. B. erhöhter UV-Schutz und bessere Langlebigkeit). Neben der Extrusion von holzverstärkten Thermoplasten wird sich im Unterschied zu den USA insbesondere der Spritzgussbereich mit Holzfasern entwickeln. Im Jahr 2006 ist mit einer Jahresproduktion von 10.000 t zu rechnen, wobei der Rohstoff aus der heimischen Sägeindustrie geliefert wird.

## 5 Quellenverzeichnis

### Literatur

- AMI: Wood Plastic Composites, Identifying Viable Opportunities in the West European Markets. Applied Market Information (AMI), Bristol/UK 2003
- Battenfeld: „Gut Holz“ für Kunststoffe. In: Kunststoffe (ISSN 0023-5563), Vol. 94., 3/2004, S. 38–39, 2004
- Berns, J.: Extrudierte Profile für Innenanwendungen. In: Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik – IWM – (Hrsg. und Verant.): Vortrag zum 1. Industrieworkshop „Naturfaserstoff gefüllte Composites und Bauteile – Erfahrungen, Perspektiven“, Hörsaal im Forschungsmehrzweckbau des Wissenschafts- und Innovationsparks Halle, Halle 2004-11-18
- Bültjer U.: Production of GRP and thermosets in Europe. In: Arbeitsgemeinschaft Verstärkte Kunststoffe – Technische Vereinigung e. V. (AVK-TV) (Editor and Organizer): Internationale AVK-TV Tagung für verstärkte Kunststoffe und duroplastische Formmassen (5. Internationale AVK-TV Tagung) (Baden-Baden 2002-09-17 till 2002-09-18) Frankfurt/Main: AVK-TV, 2002. Vortrag <<http://www.smc-alliance.com/events/avk-tv2002/avk-tv2002.html>>, 2004-04-03
- Breuning, W.: Stand der Technologie- und Produktentwicklung. In: Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik – IWM – (Hrsg. und Verant.): Vortrag zum 1. Industrieworkshop „Naturfaserstoff gefüllte Composites und Bauteile – Erfahrungen, Perspektiven“, Hörsaal im Forschungsmehrzweckbau des Wissenschafts- und Innovationsparks Halle, Halle 2004-11-18
- Flake, M./Wötzel, K.: Vergleichende Lebensweganalyse eines Verkleidungsbauteiles aus einem Hanfverbundwerkstoff und ABS-Spritzguss. In: Faserinstitut Bremen e. V. –

---

42 vgl. Vogt et al., 2005

- FIBRE (Hrsg. und Verant.): Verbundwerkstoffe aus Hanf „Technik“  
(Bremen 1999-05-19) Bremen: FIBRE, 1999, (Seminar im Rahmen des EU-ADAPT-Projekts „Marktinnovation Hanf“), 14 Seiten, Konferenz-Einzelbericht
- Frühwald, A.: Holz – Rohstoff der Zukunft: nachhaltig verfügbar und umweltgerecht.  
In: DGfH, Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, ISSN: 0466-2114, S. 30,  
München, September 2001
- Ganster, J./Fink, H.-P.: Cellulose-Spinnfasern zur Verstärkung von PP und anderen  
Thermoplasten. In: Faserinstitut Bremen e. V. – FIBRE, M-Base Engineering +  
Software GmbH, nova-Institut GmbH, (Hrsg. und Verant.): Naturfaserverstärkte  
Kunststoffe (NFK) Einsatzmöglichkeiten Hemmschwellen Trends & Perspektiven  
Vorsprung durch Information! (Hürth 2005-06-09 bis 2005-06-10) Hürth:  
nova-Institut, 2005, (3. N-FibreBase Kongress), 26 Seiten, Tagungsdokumentation
- Gassan, J.: Naturfaserwerkstoffe: Stand der Technik, Bedarf und Trends. In: Tagungs-  
band zum Fachkongress: Naturfaserverstärkte Kunststoffe: Einsatzmöglichkeiten,  
Hemmschwellen, Perspektiven, 8.-9. Juni 2004, Hürth  
(Veranstalter: nova-Institut, M-Base, IKV und FIBRE)
- GKV: Kunststoffverarbeitung Jahresbericht 1997. Gesamtverband Kunststoffverarbei-  
tende Industrie e. V. – GKV (Hrsg.), Frankfurt am Main 1997
- Karus, M./Ortmann, S.: Innovations- und Marktpotenziale sowie Innovationsstrategien  
Deutschlands und der EU bei der industriellen Verwertung von Agrarfaserpflanzen.  
Hürth: nova-Institut GmbH, Mai 2003, S. 1–16 – Verbundvortrag Cottbus/  
www.nova-institut.de
- Karus, M./Ortmann, S./Vogt D.: Naturfasereinsatz in Verbundwerkstoffen in der deut-  
schen Automobilproduktion 1996 bis 2003 – Einsatz von Naturfasern trotz Kon-  
junkturschwäche und Preisdruck weiter gestiegen, PP-Naturfaser-Spritzguss mit  
ersten Serienanwendungen – Hürth: nova-Institut GmbH, September 2004,  
S. 1–16 – www.nova-institut.de
- Kaup, M.: Entwicklungs- und Erfolgsfaktoren für Produkte aus nachwachsenden Roh-  
stoffen in Deutschland und der EU im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und  
Ökologie. Köln: Wirtschafts- und Sozialgeografisches Institut der Universität zu  
Köln, 2002, (Kölner Forschungen zur Wirtschafts- und Sozialgeographie, Band 52,  
Gläßer, E./Sternberg, R./Voppel, G. (Hrsg.)) (ISBN 3-921790-30-1)
- Kaup, M./Karus, M./Ortmann, S.: Naturfasereinsatz in Verbundwerkstoffen in der  
Automobilindustrie. In: Technische Textilien, 46, 04/2003, S. 116–118
- Marx, W.: Aktuelle und potenzielle WPC-Anwendungen inkl. Kostenbetrachtung. In:  
Faserinstitut Bremen e. V. – FIBRE, M-Base Engineering + Software GmbH,  
nova-Institut GmbH, (Hrsg. und Verant.): Naturfaserverstärkte Kunststoffe  
(NFK) Einsatzmöglichkeiten Hemmschwellen Trends & Perspektiven Vorsprung  
durch Information! (Hürth 2005-06-09 bis 2005-06-10) Hürth: nova-Institut, 2005,  
(3. N-FibreBase Kongress), 29 Seiten, Tagungsdokumentation
- Mieck K.-P./Reußmann T./Hauspurg C.: Zusammenhänge zum Schlagzähigkeits- und  
Durchstoßverhalten thermoplastischer Natur-/Langfaserverbunde. Materialwis-  
senschaften und Werkstofftechnik, (ISSN 0933-5137), 31, (2000), S. 169–174

- Müssig, J.: Influence of fibre fineness on the properties of natural fibre composites. In: Specht, K. (Editor) Universität Gh Kassel, Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff- und Recyclingtechnik (Hrsg. und Veranst.) (2002): 4th International Wood and Natural Fibre Composites Symposium (4. Internationale Tagung) (Kassel 2002-04-10 bis 2002-04-11) Kassel: Institut für Werkstofftechnik, 2002, Tagungsdokumentation, S. 5–1 bis 5–12
- Müssig, J.: Fasern aus Nachwachsenden Rohstoffen für Konstruktionswerkstoffe: Vortrag zum Fachgespräch Konstruktionswerkstoffe der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. – FNR, Gülzow, 2004-10-14
- Müssig, J./Karus, M./Franck, R. R.: 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), p. 345–376
- Müssig, J./von Buttlar, H. B./Schmehl, M./Schönfeld, U.: Leistungsfähige und nachhaltige Werkstoffkonzepte aus Nachwachsenden Rohstoffen für Karosserieanwendungen. In: M-Base Engineering + Software GmbH, Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV), nova-Institut GmbH, Faserinstitut Bremen e. V. – FIBRE (Hrsg. und Veranst.): Naturfaserverstärkte Kunststoffe: Einsatzmöglichkeiten, Hemmschwellen, Perspektiven. Vorsprung durch Information (Hürth 2004-06-08 bis 2004-06-09) Hürth: nova-Institut, 2004, (Fachkongress im Rahmen des Projekts [www.N-FibreBase.net](http://www.N-FibreBase.net)), 20 Seiten, Konferenz-Einzelbericht
- Nägele, H.: Lignin-based polymers for printed circuit boards – Potentials for renewable resources. In: EUROPOINT B.V., The Netherlands & Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. – FNR, Germany (Editor and Organiser): International Symposium on Renewable Resources for the Chemical Industry (Potsdam, Germany 2005-02-03 till 2005-02-04) Zeist, The Netherlands: EUROPOINT B. V., 2005, (4th International Conference and Trade Show GreenTech 2005 on Renewable Raw Materials), p. 77 – Conference proceedings & presentations available <http://presentations.europoint-bv.com/gt05>
- Riedel, U.: Naturfaserverstärkte (Bio-)Polymere als Konstruktionswerkstoffe: Vortrag zum Fachgespräch Konstruktionswerkstoffe der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. – FNR, Gülzow, 2004-10-14
- PlasticsEurope: Produktions- und Verbrauchsdaten für Kunststoffe in Deutschland unter Einbeziehung der Verwertung 2003. Frankfurt/Main: PlasticsEurope Deutschland (Hrsg.), 2004, 68 Seiten
- PlasticsEurope: Produktions- und Verbrauchsdaten für Kunststoffe in Deutschland unter Einbeziehung der Verwertung 2003 – Kurzfassung. Frankfurt/Main: PlasticsEurope Deutschland (Hrsg.), 2004, 10 Seiten
- Sauer, N./Weiershäuser, L./Hardeweg, B.: Standarddeckungsbeiträge (SDB) 2000/01, 2001/02, 2002/03 – KTBL-Datensammlung mit CD. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. – KTBL (Hrsg.), 2004 (ISBN 3-7843-2157-7)
- Schwendemann, D./Frisk, H.: Holzfasern mit Kunststoff compoundieren. In: Kunststoffe 4/2004, S. 76–80

- Spielwaren: Jahrbuch 2003, Nostheide Verlag (Statistisches Bundesamt),  
Basis mit 135 Herstellern
- Statistisches Bundesamt: Umsätze der Sportartikelindustrie. April 2005
- Statistisches Bundesamt: Der Markt für Musikinstrumente und Spielzeug (Spielwaren).  
April 2005b
- Statistisches Bundesamt: Der Markt für Boote & Flugzeuge – Produktion nach  
Güterarten. Deutschland, Juni 2005c
- VKE. o. J.: Kunststoff im Automobil – Einsatz und Verwertung. Frankfurt/Main:  
Verband Kunststoffherzeugende Industrie e. V. – VKE, o. J, 59 Seiten
- VKE. o. J.: Verbrauch von Kunststoffen in der Automobilindustrie in Westeuropa 1998.  
Frankfurt/Main: Verband Kunststoffherzeugende Industrie e. V. – VKE, VKE  
Arbeitsausschuss Statistik und Marktforschung, o. J., 5 Seiten
- VKE. o. J.: Verbrauch von Kunststoffen in der Elektroindustrie in Westeuropa 1998.  
Frankfurt/Main: Verband Kunststoffherzeugende Industrie e. V. – VKE, VKE  
Arbeitsausschuss Statistik und Marktforschung, o. J., 5 Seiten
- Vogt, D./Karus, M./Ortmann, S./Schmidt, C./Gahle, C.: Holzfaserverbundwerk-  
stoffe/Wood Plastic Composites (WPC): Potenzielle Märkte in Deutschland –  
Technische Eigenschaften – Anwendungsgebiete – Preise – Märkte – Akteure.  
Hürth: nova-Institut GmbH, 2005
- Weigel P./Ganster J./Fink H-P./Gassan J./Uihlein K.: Polypropylen Cellulose-  
Compounds. In: Kunststoffe, (ISSN 0023-5563), Jg. 92, 5/2002, S. 95–97
- Wichmann, H.: Bauteilentwicklung und Fertigungstechnologien für Konstruktions-  
werkstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe: Vortrag zum Fachgespräch  
Konstruktionswerkstoffe der Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V. –  
FNR, Gülzow, 2004-10-14
- Wötzel, K./Wirth, R./Flake M.: Life cycle studies on hemp fibre reinforced components  
and ABS for automotive parts. Die Angewandte Makromolekulare Chemie  
(ISSN 0003-3146), Vol. 272, Issue 1, 1999. p. 121–127
- Wrap: Wood plastic composites study – Technologies and UK market opportunities.  
Oxon, GB: The Waste and Resources Action Programme, The Old Academy, 2003  
(ISBN: 1-84405-041-6)

## Websites

- Automobil Produktion: Werkstoffe im Automobil (heute). 24.09.2002  
[www.automobil-produktion.de/themen/00279/index.php](http://www.automobil-produktion.de/themen/00279/index.php), 2005-04-27
- AVK-TV: Entwicklung des Einsatzes von SMC in Europa  
[www.avk-tv.de](http://www.avk-tv.de), 2005-04-27
- Azmedia: Bestattungen in Deutschland.  
[www.azmedia.de](http://www.azmedia.de), 2005-04-27
- JECOMPOSITES: DaimlerChrysler Awarded for Banana Fibre Use in Mercedes A Class. 13/04/2005  
[www.jecomposites.com/news/news\\_fiche.asp?id=1790](http://www.jecomposites.com/news/news_fiche.asp?id=1790), 2005-04-21
- Lombardo, D. A. 2002: Accident raises fresh composite questions.  
In: Aviation International News – AIN Online, February 2002,  
[www.ainonline.com/issues/02\\_02/02\\_02\\_accidentquestionpg30.html](http://www.ainonline.com/issues/02_02/02_02_accidentquestionpg30.html), 2005-06-30

## Einbezogene Unternehmen, Verbände und Institutionen

- Calomfirescu: Werkstoffe im Schienenfahrzeugbau: Persönliche Mitteilung von Herrn Calomfirescu – Experteninterview geführt durch Dipl.-Ing. Christoph Hoffmeister am 23. Februar 2005 – Siemens Transportation (Düsseldorf)
- Dodd, R.: Use of natural fibres in the aircraft industry in the US: Persönliche Mitteilung von Herrn Professor Dr. Roy Dodd – Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 30. Mai 2005. – Clemson University/AG AND BIO ENGINEERING (Clemson, SC, USA)
- Goedecke, G.: Preise für Nadelfilze aus und mit Naturfasern; Einsatz abbaubarer Werkstoffe für Urnen: Persönliche Mitteilung von Herrn Georg Goedecke – Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 4. April 2005 – NAFGO GmbH (Neerstedt)
- Käb, H.: Märkte, Perspektiven und Zukunft der biologisch abbaubaren Polymerwerkstoffe: Persönliche Mitteilung von Herrn Dr. Harald Käb – Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 22. Februar 2005 – Interessengemeinschaft Biologisch Abbaubarer Werkstoffe e. V. – IBAW (Berlin)
- Karus, M.: Naturfaserverbundwerkstoffe und Formteile – Märkte und Subventionen : Persönliche Mitteilung von Herrn Dipl. Phys. Michael Karus – Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 23. Februar 2005. – nova-Institut GmbH (Hürth)
- Malok, M.: Urnen aus Nachwachsenden Rohstoffen und Probleme bei der Markteinführung: Persönliche Mitteilung von Herrn Matthias Malok – Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 30. Juni 2005. – Firma XS M. Malok KGs – Leipziger FLORALAT Urnen (Leipzig)
- McKay, S.: Natural fibres in airplane construction: Persönliche Mitteilung von Herrn Sean McKay – Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 20. Juni 2005 – Composites Innovation Centre Manitoba Inc. (Winnipeg, Manitoba, Kanada)

- Nägele, H.: Einsatz von NFK und Naturpolymeren im Spielzeugbereich: Persönliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Helmut Nägele – Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 30. Juni 2005, – Tecnaro GmbH (Pfinztal), 2005b
- Schachner: Hintergründe zur Verarbeitungsmenge von GFK im SMC-Verfahren: Persönliche Mitteilung on Herrn Schachner. August 2000. Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e. V. – GKV (Frankfurt am Main, Germany)
- Sperber, M.: Aquisitions-konzept für die Einführung von NF-Composites in die Möbel-industrie: Persönliche Mitteilung von Herrn Dr. Sperber – Vorstellung anlässlich der Sitzung des Arbeitskreise NFK des AVK-TV am 2. Dezember 2004 (Frankfurt am Main)
- Wirth, C.: Naturfasereinsatz in der Unterbodenverkleidung der A-Klasse.: Persönliche Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. Christian Wirth – Experteninterview geführt durch Dr.-Ing. Jörg Müssig am 04. März 2005 – Daimlerchrysler AG – MTC-Mercedes-Benz Technology (Sindelfingen)



# Textilien

Christoph Hoffmeister

Thomas Schneider

Jörg Müssig \*

---

\* Dipl.-Ing. Christoph Hoffmeister und Dr.-Ing. Jörg Müssig;  
Faserinstitut Bremen e. V. – FIBRE, Am Biologischen Garten 2, 28359 Bremen,  
[www.faserinstitut.de](http://www.faserinstitut.de)  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Schneider; Faserinstitut Bremen e. V./  
jetzt tätig FHTW Berlin, FB5, Produktionsplanung und -steuerung,  
Fertigungsorganisation, Wilhelminenhof 76/77, 12459 Berlin





---

# Inhalt

|  |            |
|--|------------|
| <b>Textilien .....</b>                   | <b>463</b> |
| <b>Abbildungen.....</b>                  | <b>466</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                   | 469        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten..... | 473        |
| 3 Analyse des Marktes.....               | 479        |
| 4 Quellenverzeichnis .....               | 500        |

## Abbildungen

|   |     |
|---|-----|
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Textilien.....                                      | 471 |
| Übersicht über den Textilmarkt.....   | 472 |
| Material- und Halbzeugkosten eines dreiteiligen Anzugs.....                                       | 473 |
| Produktdefinition und Abgrenzung der Teilmärkte im<br>Bereich Textilien.....                      | 474 |
| Wertschöpfungsketten Textilien.....   | 475 |
| Weltweite Produktion an Textilfasern 2004.....  | 476 |
| Schematische Darstellung der Lycocell-Herstellung.....  | 478 |
| Entwicklung der Produktion im Bekleidungs- und<br>Textilgewerbe in Deutschland 1994 bis 2003..... | 479 |
| Faserart für die Produktion von Bekleidungstextilien in<br>Deutschland 1999 bis 2003.....         | 480 |
| Produktionswert von Heimtextilien ohne Vorprodukte in<br>Deutschland 2001 bis 2003.....           | 481 |
| Faserart für die Produktion von Heimtextilien in<br>Deutschland 1999 bis 2003.....                | 481 |
| Produktionswert technischer Textilien in Deutschland<br>2001 bis 2003.....                        | 482 |
| Faserart für die Produktion technischer Textilien in Deutschland<br>1999 bis 2003.....            | 483 |
| Produktion cellulosischer Fasern in Deutschland.....  | 487 |
| Produktion von Vliesen und Filzen in der EU 1995 bis 2003.....                                    | 488 |
| Bedarfsmenge an VSF in EDANA-Vliesstoffen in Westeuropa.....                                      | 489 |
| Anteil von VSF in EDANA-Vliesstoffen in Westeuropa.....   | 489 |
| Nachfrage nach Fasern aus Nawaro in den unterschiedlichen<br>Textilmärkten.....                   | 490 |
| Preisbeispiele für konkurrierende Fasern.....   | 491 |

|  |     |
|--|-----|
| Wettbewerbsdynamik im deutschen Textilmarkt.....   | 495 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Flachs und Hanf im Textilmarkt.....       | 498 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>cellulosischen Fasern im Textilmarkt..... | 499 |



## 1 Zusammenfassung

Der 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. Im Jahr 2003 beschäftigten 1.675 Betriebe insgesamt 165.000 Mitarbeiter, wobei in einem Dutzend dieser Betriebe mehr als 1.000 Mitarbeiter tätig waren.

Bei der Herstellung von cellulosischen Fasern behaupten sich in Deutschland vier Unternehmen international erfolgreich. Für die Auswahl von Faserrohstoffen, Halbzeugen und textilen Produkten sind einerseits Modetrends und andererseits ein Zusatznutzen oder ein Preisvorteil gegenüber bestehenden Materialien maßgeblich.

Die **Größe des Textilmarkts** in Deutschland 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 **Flachs**es betrug **ca. 3 Mrd. € bei Bekleidung** und Heimtextilien und **25 Mio. € bei technischen Textilien**. Der Wert der in Deutschland produzierten **cellulosischen Fasern** betrug 2003 **ca. 600 Mio. €**.

Für die deutsche Landwirtschaft ist insbesondere **Flachs** für Textilien relevant. **Hanf** bietet in Faserverbandanwendungen und Dämmstoffen ein großes Potenzial. **Baumwolle** wird ausschließlich importiert und **heimische Wolle** ist nur in geringen Mengen in minderer Qualität verfügbar. Der in Deutschland angebaute Flachs ist hochwertig und eignet sich für die Herstellung feiner und hochwertiger Garne. 2004 wurden allerdings nur 2 % des in Produkten verarbeiteten Flachs in Deutschland angebaut. Gründe dafür sind das erhöhte Ernterisiko sowie die kaum noch vorhandene Infrastruktur der Weiterverarbeitung.

Die Qualität von heimischen Hölzern ist für die Herstellung von Chemiezellstoff für **cellulosische Fasern** geeignet. Für die Verarbeitung der notwendigen Menge von ca. 430.000 t Holz fehlen in Deutschland heute allerdings die entsprechenden Anlagen.

Die **Märkte für Bekleidung und Heimtextilien stagnieren** und es besteht ein hoher Importdruck aus China und Indien. Für den Einsatz von hochwertigem Flachs aus heimischem Anbau gibt es Chancen in Bekleidungs- und Heimtextilien. Potenzial besteht u. U. im Einsatz für Autositzbezugsstoffe, wenn die Scheuerfestigkeit verbessert werden kann. Voraussetzungen für eine Marktentwicklung sind die Entwicklung von Techniken zur Verringerung des Ernterisikos sowie verbesserte Aufschluss- und Spinnverfahren. Insgesamt **behauptet sich die deutsche Cellulosefaserindustrie**. Steigende Nachfrage besteht für Vlies aus Viskose für Wischtücher, Medizintextilien und Hygieneartikel. Technische Viskose („Reifen-Cord“) kann zur Substitution von Glasfasern verwendet werden. Voraussetzung für eine heimische Rohstoffintegration sind Entwicklung und Bau von umweltfreundlichen, wirtschaftlichen Cellulosefabriken.

|                   | Bekleidungstextilien  | Heimtextilien  | Technische Textilien   | Cellulosische Fasern   |
|-------------------|---|--|--|--|
| Nawaro Marktgröße | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8.000 t Flachs</li> <li>• 2.400 Mio. € (300 €/kg)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6.000 t Flachs</li> <li>• 600 Mio. € (100 €/kg)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.000 t Flachs</li> <li>• 25 Mio. € (12,5 €/kg)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 190.000 t Fasern, Filament</li> <li>• 570 Mio. € (3 €/kg)</li> </ul>  |
| Marktwachstum     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 0 %</li> <li>• 2020: stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 1 %</li> <li>• 2020: stagnierend</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: - 2 %</li> <li>• 2020: rückläufig</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: 0 %</li> <li>• 2020: stagnierend</li> </ul>   |
| Treiber           | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Modeartikel, daher sind Schwankungen von +/-30% in fünf Jahren möglich</li> <li>+ Die Positionierung in Premium-Produkten durch die Herstellung von feinen Garnen höchster Qualität</li> <li>+ Steigerung der Produktqualität und Senkung der Preise durch die Entwicklung verbesserter Aufschlussverfahren und Verringerung des Ernterisikos</li> <li>+ Erhalt der notwendigen textilen Verarbeitungsstufen durch gesicherte Verarbeitungsmengen</li> </ul> | <p>(siehe Bekleidungstextilien)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Mittelfeine Garne müssen wirtschaftlicher gesponnen werden</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Neue Anwendungen wie Automobilsitzbezüge (ggf. in Mischgeweben) sind dann aussichtsreich, wenn Fasereigenschaften (wie Scheuerfestigkeit) gezielt verbessert werden</li> <li>+ Eine Besserstellung von Nawaro in der Altauverordnung würde die Attraktivität für den Flachs-Einsatz im Kfz erhöhen</li> <li>- Einfache Produkte wie Säcke, Seile, Schnüre und Geotextilien werden substituiert durch Artikel aus Polypropylen oder konkurrieren mit billigen, importierten Naturfasern wie Sisal oder Jute</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Viskose-Stapelfasern profitieren stark vom Wachstumsmarkt für kurzlebige Vlies-Produkte</li> <li>+ Technische Viskose kann zukünftig vermehrt Glasfasern in Faserverbundanwendungen ersetzen</li> <li>- Technische Viskose als Reifen-Cord kann durch Synthefasern substituiert werden, wenn deren Temperaturfestigkeit durch Weiterentwicklungen gesteigert werden kann</li> <li>- Neue Chemiefaseranlagen werden zukünftig dort gebaut, wo die textile Kette vorhanden ist</li> </ul> |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Textilien

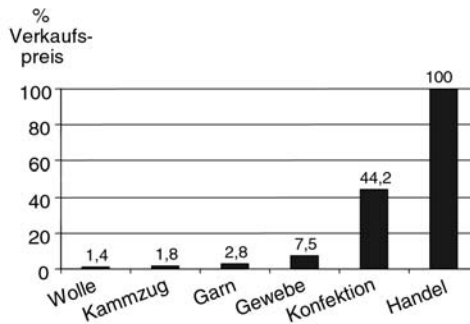


| Kriterien  | Bekleidungstextilien  | Heimtextilien  | Technische Textilien  | Cellulosische Fasern  |
|--|---|--|---|---|
| <b>Marktgröße in 2004 in D</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.400 Mio. € Flachs, von 59,7 Mrd. € (2003)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 600 Mio. € Flachs, von ca. 10 Mrd € (2002)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 Mio. € (exkl. FVW und Dämmstoffe), von 4,3 Mrd. € (Produktionswert)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 570 Mio. € Fasern, Filament 2003</li> </ul>  |
| <b>Marktwachstum</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 0 %</li> <li>• bis 2020: stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 1 %</li> <li>• bis 2020: stagnierend</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: - 2 %</li> <li>• bis 2020: rückläufig</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: 0 %</li> <li>• bis 2020: stagnierend</li> </ul>  |
| <b>Absatz- und Einkommenspotenzial für dt. Land- und Forstwirtschaft</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anteil zurzeit ca. 2 %</li> <li>• 8.000 t Flachs (Potenzial 2010)</li> <li>• Umsatz: ca. 15 Mio. €</li> <li>• DB: ca. 4 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6.000 t Flachs (Potenzial 2010)</li> <li>• Umsatz: ca. 12 Mio. €</li> <li>• DB: ca. 3 Mio. €</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.000 t Flachs (Potenzial 2010)</li> <li>• Umsatz: ca. 4 Mio. €</li> <li>• DB: ca. 1 Mio. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 430.000 t Holz (Potenzial)</li> <li>• Umsatz: 40 Mio. €</li> <li>• DB: 15 Mio. €</li> </ul>  |
| <b>Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- und Forstwirtschaft</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beste Faserqualität in deutschem Flachs vorhanden</li> <li>• Zurzeit doppeltes Ernterisiko gegenüber Frankreich und Belgien</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. Bekleidungstextilien</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. Bekleidungstextilien</li> <li>• Hochwertige Produktqualität aus Deutschland nicht notwendig für einfache Produkte; Substitution durch preiswerte Importe (Sisal, Jute)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Logistikkosten</li> <li>• Großes Angebot an heimischem Holz</li> </ul>   |
| <b>F&amp;E Defizite</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erntetechnik (Risikoreduzierung)</li> <li>• Aufschlusstechnik (Wirtschaftlichkeit und Qualität)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. Bekleidungstextilien</li> <li>• Steigerung des Durchsatzes beim Spinnen</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung der Ausrüstung für Scheuerfestigkeit beim Einsatz für Automobilsitzbezüge</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umweltschonende Herstellungsverfahren für die Celluloseherstellung</li> </ul>  |
| <b>Risiken</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwankungen durch Mode</li> <li>• Material als Spekulationsobjekt</li> <li>• Technologiesprung notwendig</li> <li>• Versunsicherung wegen Förderung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. Bekleidungstextilien</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbau minderer Qualitäten zu konkurrenzfähigen Preisen gegenüber Importen unmöglich</li> <li>• Materialsubstitution durch MMF</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Niedrigere Kosten von importierter Cellulose</li> </ul>  |
| <b>Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebilanz: nicht relevant</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Äquivalent: nicht relevant</li> <li>• Anbauintensität: kleine Fläche</li> <li>• Variabilität der Kulturen: klein</li> <li>• Fruchtwechsel 7a</li> <li>• Flächenbedarf 5.300 ha (1,5 t/ha)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. Bekleidungstextilien</li> <li>• FB: 4.000 ha</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• s. Bekleidungstextilien</li> <li>• FB: 1.300 ha</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermeidung von Umweltbelastung durch weite Transportwege</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Äquivalent nicht relevant</li> <li>• Variabilität der Kulturen: klein</li> <li>• FB: 108.000 ha (8 m<sup>2</sup>/ha)</li> </ul> |

Abbildung: Übersicht über den Textilmarkt

## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Die Wertschöpfungskette der Textilproduktion, die so genannte „textile Kette“, ist komplex und vielstufig. Traditionell gibt es eine internationale Lohnverarbeitung. Aufgrund der langen textilen Kette spielen die Rohstoffkosten im Preis des Fertigprodukts nur eine untergeordnete Rolle.<sup>1</sup> Die Konfektionierung (Zuschneiden und Nähen) ist in der Regel der personalintensivste und damit teuerste Prozessschritt. Wegen der hohen Lohnkosten wird die textile Kette zunehmend nach Osteuropa und Asien verlagert.<sup>2</sup>



Quelle: in Anlehnung an Wulfhorst, 1998

Abbildung: Material- und Halbzeugkosten eines dreiteiligen Anzugs

Die Textilindustrie arbeitet international. Die Gesamtmenge an produzierten Textilien wächst parallel zur Weltbevölkerung. Die konsumierte Menge an Bekleidung liegt in der westlichen Welt bei ca. 25 kg pro Kopf und Jahr, wobei Baumwolle und synthetische Fasern die größten Marktanteile besitzen.<sup>3</sup> Weltweit wird der Bekleidungsbedarf bei einer jährlichen Steigerung von 1 bis 2 % bis 2010 auf ca. 9,3 kg pro Kopf steigen. Dabei werden synthetische Fasern die Gewinner des steigenden Bedarfs sein.

1 vgl. Wulfhorst, 1998

2 vgl. Klopfer, 2005

3 vgl. Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie, 2004

| Produkte                                       | Definition, Abgrenzungen und Beispiele   |
|--|--|
| <b>Bekleidungs-<br/>textilien</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Textile Erzeugnisse für Kleidung</li> <li>• Produkte: Herren-, Damen-, Kinderbekleidung, Wäsche, ...</li> </ul>   |
| <b>Heim-<br/>textilien</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Textile Erzeugnisse, die im Hausbereich eingesetzt werden und nicht der Bekleidung dienen</li> <li>• Produkte: Möbelbezugsstoffe, Gardinen, Decken, Bettwaren, Badtextilien, ...</li> </ul>   |
| <b>Technische<br/>Textilien</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Textilien, bei denen die technische Verwendung und technische Funktion im Vordergrund steht</li> <li>• Produkte: Garne, Gewebe, Gelege, Gewirke, Vliese, Filze und beschichtete Textilien bzw. auch nach Einsatz: Geotextilien, Filter, Medizin, Automotive, Verpackungen, Sporttextilien, ...</li> </ul> |
| <b>Cellulosische<br/>Fasern</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cellulosische Fasern (und Filamente) sind Chemiefasern, die auf der Basis von Cellulose hergestellt werden; zu ihnen gehören im wesentlichen Viskose, Lyocell und Celluloseacetat verschiedener Qualitäten</li> <li>• Die Fasern sind Zwischenprodukte in der textilen Wertschöpfungskette</li> </ul>     |
| <b>Abgrenzungen<br/>zu anderen<br/>Märkten</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vliese und Filze, die in Faserverbundwerkstoffen eingesetzt werden, siehe Markt „Faserverbundbauteile“</li> <li>• Technische Textilien, die für Dämmanwendungen verwendet werden, siehe Markt „Baumaterialien“</li> </ul>   |

Abbildung: Produktdefinition und Abgrenzung der Teilmärkte im Bereich Textilien

| Materialien   | Wertschöpfungsketten  |
|---|---|
| Klassische Bekleidungs- und Heimtextilien aus Wolle und Baumwolle | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baumwolle: Anbau – Ernte – Entkernung – Verpressen – Transport</li> <li>• Wolle: Schafschur – Verpressen – Transport</li> <li>• Öffnen – Waschen/Entstauben – Kardieren/Krempeln – Strecken – (Kämmen)</li> <li>• Strecken – Spinnen – (Zwirnen)</li> <li>• Weben</li> <li>• Färben – (Ausrüsten)</li> <li>• Konfektionieren</li> </ul>  |
| Synthesefasern  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthetische Polymere<br/>Erdölförderung – Fraktionierung – Monomerherstellung – Polymerisierung – Filamentherstellung in z. B. Schmelz- oder Lösemittelspinnverfahren – Reißen/Schneiden der Filamente – weitere Verfahrensschritte s. o.</li> <li>• Natürliche Polymere (am Beispiel Cellulose)<br/>Anbau und Ernten des Rohstoffs (z. B. Holz) – Herstellung von Hackschnitzeln – Aufschließen des Holzes – Abtrennung der Verunreinigungen – Lösen der Cellulose – Erspinnen der Cellulosefilamente (Regeneration)/ Filamentherstellung im Lösemittelspinnverfahren – Reißen – Schneiden der Filamente – weitere Verfahrensschritte s. o.</li> </ul> |
| Naturfasern   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anbau – Ernte</li> <li>• Röste bzw. Aufschluss zur Gewinnung der Fasern aus der Pflanze</li> <li>• (ggf. Kardieren) – weitere Verfahrensschritte s. o.</li> </ul>  |
| Vliese, Filze   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Faserherstellung oder Fasergewinnung je nach Material</li> <li>• Vliesbildung – Vliesverfestigung – Konfektion</li> </ul>  |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Textilien

|                |           |
|----------------|-----------|
| Synthesefaser  | 37.992 kt |
| Baumwolle      | 21.974 kt |
| Jute           | 3.179 kt  |
| Cellulosefaser | 3.096 kt  |
| Wolle          | 1.219 kt  |
| Flachs         | 751 kt    |
| Ramie          | 269 kt    |
| Seide          | 115 kt    |

Quelle: Man-Made Fiber Year Book 2005

Abbildung: Weltweite Produktion an Textilfasern 2004

Die chemische Synthese zur Herstellung von Synthesefasern sowie die Fasergewinnung und Aufbereitung von Naturfasern, wozu insbesondere der Aufschluss von Bastfasern und die Wäsche von Wolle zählen, stellen **Schlüsseltechnologien der Textilprozesse** dar. Die Verfahren zur **Verarbeitung klassischer Naturfasern** sind sehr ausgereift und weltweit verfügbar, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Produktion teilweise personalintensiv ist. Der Bau von Textilmaschinen für die Verarbeitung von Naturfasern ist in Deutschland innovativ und weltweit erfolgreich. **Bastfasern** unterliegen einem Ernterisiko. Die Qualität der Fasern, die fein, fest und homogen sein sollen, ist abhängig vom Aufschlussverfahren. Die Maschinen für die Verarbeitung von Bastfasern sind in der Regel nicht so weit entwickelt wie die für die Verarbeitung von Chemiefasern und Baumwolle bzw. Wolle. Die Spinnprozesse besitzen eine geringe Produktivität.

Anlagen zur Produktion von **Chemiefasern** werden heute häufig in der Nähe der Rohstoff- oder Produktmärkte gebaut. Der Anlagenbau erfordert hohe Investitionen und ist in der Regel an aufwändige Genehmigungsverfahren gebunden.

Bei **Herstellung von Cellulose**<sup>4</sup> werden die folgenden Prozesse durchlaufen: Anbau – Ernte von cellulosehaltigem Rohstoff – Zerkleinerung (Schnitzel) – Vordämpfung – Aufschluss nach dem Sulfat-(Kraft-), Sulfit- oder Organosolv-Verfahren – Bleichen (heute in der Regel chlorfrei). Cellulosefasern können auf unterschiedlichen Wegen hergestellt werden:

---

4 vgl. Angewandte Chemie, 2005

- Viskose-Verfahren: Lösen von Cellulosexanthogenat mit verdünnter Natronlauge und anschließendes Ausziehen zur Endlosfaser,
- Lyocell-(NMMO-)Verfahren: Lösen der Cellulose in N-Methylmorpholin-N-Oxid und anschließendes Ausziehen in ein wässriges Fällbad,
- Derivatfasern aus Celluloseacetat: Derivatvisierung des Cellstoffs bzw. der Cellulose mittels Essigsäureanhydrid in diskontinuierlichen Verfahren und anschließendes Extrudieren der Filamente in einem Schmelzextrusionsverfahren.

**Vliese und Filze** sind textile Flächen aus Fasern mit stochastisch verteilter Orientierung aus Natur- oder Chemiefasern. Die Haftung der Fasern untereinander kann durch Reibung, Kleben, Verschmelzen oder Verschlingen erreicht werden. Die Herstellung umfasst die Schritte: Flächenherstellung, Faserbindung und Ausrüstung, d. h. Eigenschaftsmodifikation der (Faser-)Oberfläche. Vliesherstellungsanlagen arbeiten mit sehr hohen Durchsätzen und sind wenig personalintensiv. Durch die Verkürzung des Herstellungsprozesses gegenüber der „klassischen textilen Kette“ lassen sich Vliese und Filze deutlich kostengünstiger herstellen als Gewebe oder Gelege. Der Fokus der Forschung liegt heute auf der Entwicklung von Hochgeschwindigkeitskarden und Krempeln zur Flächenherstellung sowie auf der Weiterentwicklung der Faserverfestigung durch Wasserstrahl oder Nadeln mit dem Ziel, die Produktivität weiter zu steigern und leichtere Flächengewichte zu realisieren.<sup>5</sup> Typische Vliese aus Nawaro sind Dämmstoffe aus Hanf oder Flachs sowie kurzlebige Wischtücher aus Viskose oder Baumwolle.

Im Hinblick auf die **ökologische Bewertung** muss festgehalten werden, dass **Naturfasern** zwar nachhaltig sind, dass aber bei ihrer Gewinnung und Verarbeitung verschiedene Umwelteinflüsse auftreten. Im Gegensatz zu erdölbasierten Synthesefasern stellt der in den Fasern aus Nawaro gebundene Kohlenstoff in Form von Cellulose eine CO<sub>2</sub>-Senke dar. Auch ist der biologische Abbau von Fasern aus Nawaro nach Ende der Verwendung in der Regel unproblematisch. Das Ausrüsten und Veredeln von Naturfasern unter Einsatz von Säuren und Laugen (z. B. Ausrüstung filzfreier Wolle, merzerisierte Baumwolle) ist dagegen ökologisch unvorteilhaft. Außerdem

---

5 vgl. Janura, 2003

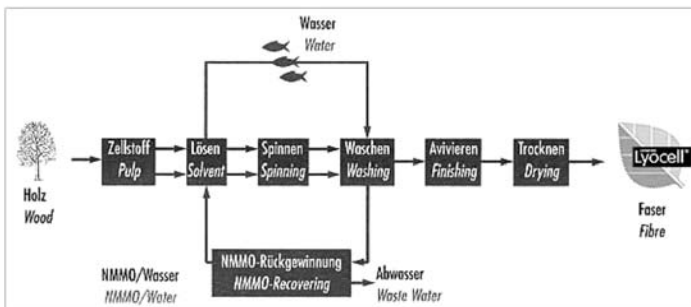
verlangt die Faserverarbeitung bei allen Materialien eine klimatisierte Produktion mit einem hohen Energiebedarf für Wärme und Befeuchtung.

**Baumwolle** wird meist in Monokulturen angebaut, erfordert den Einsatz von Pestiziden und hat einen sehr hohen Wasserbedarf in trockenen Gebieten. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Baumwolle schwankt je nach Verfahren und Anbaubedingungen zwischen 7 bis 39 kg CO<sub>2</sub> pro kg T-Shirt.

Bei der Verarbeitung von **Wolle** stellt die Abwasserbehandlung nach der Wollwäsche wegen der Pestizide einen besonderen Aufwand dar.

**Bastfasern** sind ein nachhaltiger Werkstoff. Ökologisch problematisch sind gegebenenfalls diejenigen Aufschlussverfahren, die über einen mechanischen Aufschluss oder die Feldröste hinausgehen, wie etwa die Wasserröste mit einem hohen Wasserverbrauch und hoher CSB- und BSB-Fracht im Abwasser sowie der Aufschluss mit heißer Natronlauge. Daher werden heute Aufschlussverfahren erforscht (z. B. mit Enzymen), die umweltverträglich sind und gleichzeitig zur Gewinnung von feinen, ungeschädigten und homogen Fasern führen.

Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent der **Viskosefaserherstellung** (ohne Cellstoffproduktion und Entsorgung) liegt bei ca. 5 kg CO<sub>2</sub>/kg. Für die Viskoseproduktion wird Schwefelkohlenstoff als Lösungsmittel verwendet, das wegen seiner Toxizität aus der Abluft und dem Abwasser der Viskosefabriken entfernt werden muss. Die Herstellung von Viskosefaser nach dem Lyocell-Verfahren ist hingegen wegen der emissionsfreien technischen Kreislaufführung des Lösungsmittels umweltschonend.

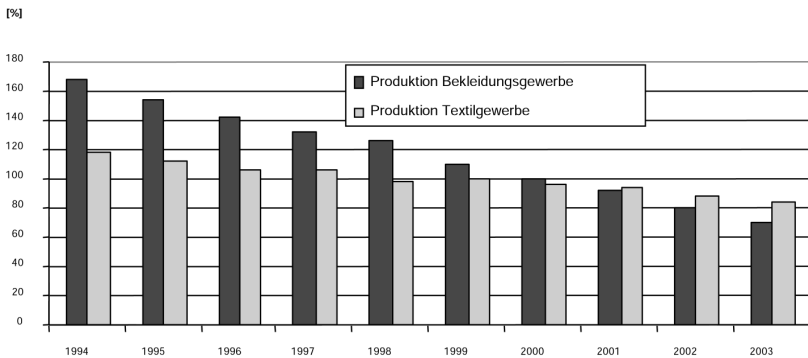


Quelle: Lenzing AG

Abbildung: Schematische Darstellung der Lyocell-Herstellung

### 3 Analyse des Marktes

Der private Konsum für Bekleidung betrug in Deutschland 2003 ca. 60 Mrd. € und war **schwach rückläufig**. Der Produktionswert des deutschen Bekleidungsgebietes lag 2003 bei 9,2 Mrd. € und war ebenfalls rückläufig, wobei der Exportanteil 32 % betrug.<sup>6</sup> Der **Großteil** an Bekleidung wird nach Deutschland **importiert**. Nur noch 5 % der Waren lassen deutsche Bekleidungsfirmen im Inland selbst produzieren.<sup>7</sup> Wichtige Segmente stellen Oberbekleidung mit 6,5 Mrd. € p. a. und Wäsche mit 1,8 Mrd. € p. a. dar.



Quelle: Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie, 2004

Abbildung: Entwicklung der Produktion im Bekleidungs- und Textilgewerbe in Deutschland 1994 bis 2003

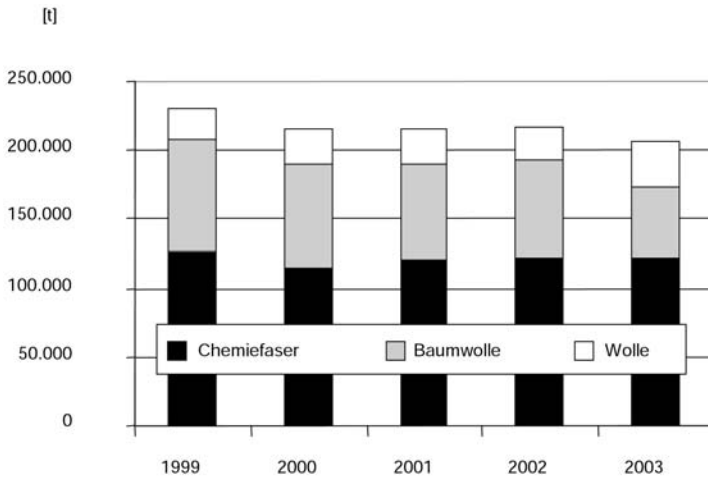
Eine Bilanzierung des Anteils an importierten Fasern in der Bekleidung ist nur ansatzweise möglich. Einen Hinweis auf die verwendeten Faserarten gibt die Statistik der in Deutschland verarbeiteten Fasern für Bekleidung.<sup>8</sup> Flachs und Hanf werden in dieser Statistik aufgrund ihrer geringen Menge nicht ausgewiesen, Chemiefasern (inkl. cellulosischer Fasern) werden nicht getrennt berücksichtigt.

6 vgl. Gruner und Jahr, 2004

7 vgl. Die Zeit, 2005

8 vgl. Statistisches Bundesamt, 2004





Quelle: Industrievereinigung Chemiefaser, 2004

Abbildung: Faserart für die Produktion von Bekleidungstextilien in Deutschland 1999 bis 2003

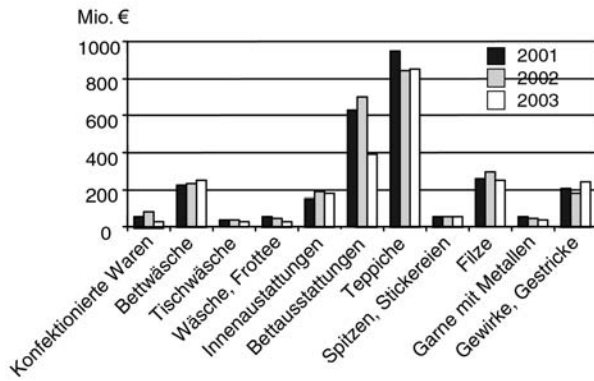
Der private Konsum von **Heimtextilien** betrug in Deutschland 2002 ca. 10 Mrd. €. und ist rückläufig. Auch der Wert der in Deutschland produzierten Heimtextilien ist rückläufig (-2,5 %), 2003 lag er bei ca. 3,4 Mrd. €. <sup>9</sup> Der Einsatz von Chemiefasern dominiert im Heimtextilmarkt vor Baumwolle und Wolle. <sup>10</sup>

Die umsatzstärksten Heimtextilien sind **Teppiche** mit ca. 860 Mio. € Produktionswert sowie **Bettwaren** mit ca. 650 Mio. € Produktionswert. Der Wert der exportierten Teppicherzeugnisse betrug 2003 ca. 430 Mio. €. Die Importe beliefen sich auf ca. 1 Mrd. € und gingen 2004 um über 8 % zurück. Teppiche bestehen heute zum überwiegenden Teil aus Chemiefasern, oftmals PP.

---

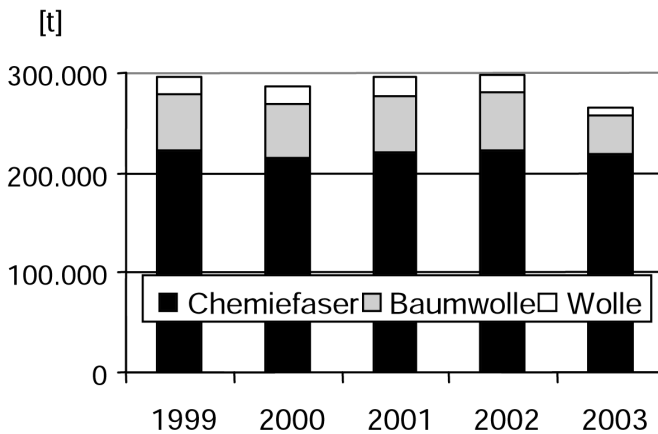
9 vgl. Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie, 2004

10 vgl. Industrievereinigung Chemiefaser, 2004



Quelle: Auswertung auf Basis des Statistischen Bundesamtes, 2005

Abbildung: Produktionswert von Heimtextilien ohne Vorprodukte in Deutschland 2001 bis 2003

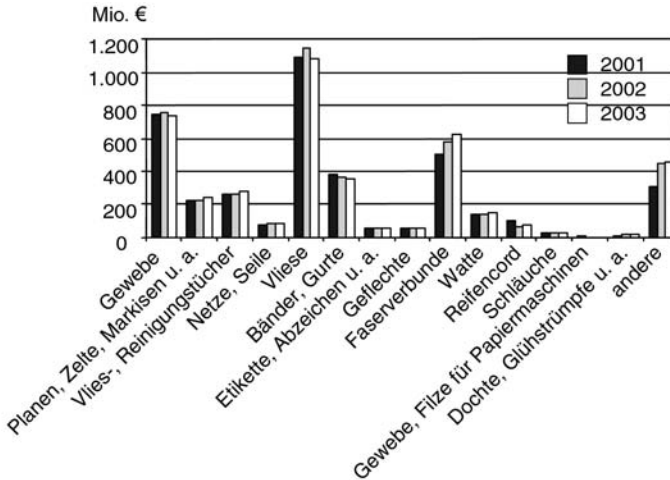


Quelle: Industrievereinigung Chemiefaser, 2004

Abbildung: Faserart für die Produktion von Heimtextilien in Deutschland 1999 bis 2003

Die Produkte im Bereich **der technischen Textilien** sind sehr heterogen. Der Produktionswert von technischen Textilien aus Deutschland entwickelt sich positiv und lag 2003 bei ca. 4,3 Mrd. €. <sup>11</sup>

Umsatzstärkste Produkte sind Vliese, deren Steigerungsrate in Europa mit 6 % p. a. angegeben wird. <sup>12</sup>



Quelle: Auswertung auf Basis des Statistischen Bundesamtes, 2005

Abbildung: Produktionswert technischer Textilien in Deutschland 2001 bis 2003

Positiv entwickeln sich insbesondere technische Textilien für Faserverbund-Anwendungen mit einer Steigerung von mehr als 10%. <sup>13</sup> Für die Herstellung technischer Textilien werden in Deutschland zunehmend Chemiefasern verwendet. <sup>14</sup>

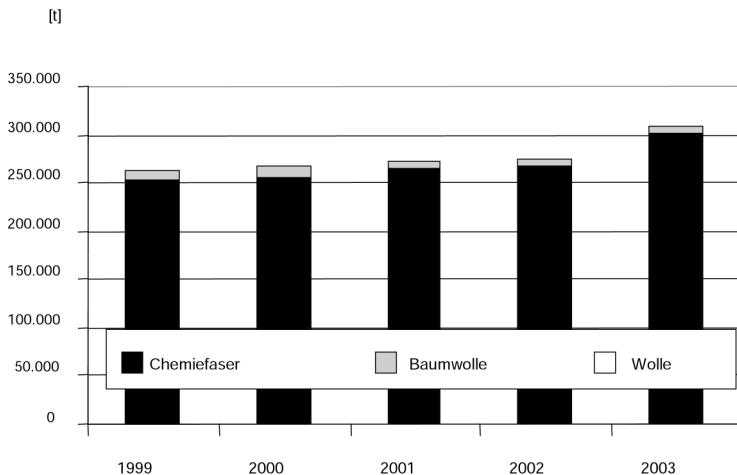
**Baumwolle** ist mit einem Anteil von ca. 33 % an allen Textilfasern und mit 22 Mrd. t weltweit die mit Abstand mengenmäßig am weitesten verbreitete Naturfaser für Bekleidungs- und Heimtextilien. In technischen

11 vgl. Statistisches Bundesamt, 2004

12 vgl. EDANA, 2005

13 vgl. Statistisches Bundesamt, 2004

14 vgl. Industrievereinigung Chemiefaser, 2004



Quelle: Industrievereinigung Chemiefaser, 2004

Abbildung: Faserart für die Produktion technischer Textilien in Deutschland 1999 bis 2003

Textilien spielt Baumwolle eine untergeordnete Rolle. Die nach Deutschland importierte und zum Teil verarbeitete Menge betrug 2004 weniger als 100.000 t. Der Import war mit -2 % im Jahr 2004 stark rückläufig. Aus klimatischen Gründen ist der Anbau von Baumwolle in Deutschland nicht möglich.

**Wolle** hat traditionell in hochwertiger Bekleidung einen bedeutenden Faserrohstoffanteil. In Heimtextilien ist Wolle hingegen nur wenig vertreten und in technischen Textilien wird sie heute nicht mehr verwendet. Aufgrund der Kosten für die Gewinnung und die Verarbeitung von Wolle ist der heute schon vergleichsweise kleine Anteil von Wolle am Fasermarkt (1,3 %) weiter rückläufig (-2 %). Die Qualität deutscher Schurwolle ist minderwertig: Sie ist verhältnismäßig grob, verunreinigt und mit Vegetabilien versetzt, was die Verarbeitung erschwert.

Seit kurzer Zeit werden Fasern aus **Polymilchsäure (PLA)** angeboten.<sup>15</sup> Hierbei handelt es sich um biologisch abbaubare industriell geschaffene Fasern aus nativen Grundstoffen. Diese Fasern besitzen im Vergleich zu klassischen Synthesefasern eine leicht verbesserte Feuchtigkeitsaufnahme von ca. 0,5 %, die allerdings mit Viskose, Wolle oder Baumwolle – auch in Mischungen – nicht konkurrieren kann. Nachteile der PLA-Faser sind nach heutigem Entwicklungsstand ihre geringere Festigkeit, schwierige Anfärbbarkeit und mangelnde Temperaturbeständigkeit.<sup>16</sup> Die Garne sind zurzeit mit ca. 6,50 €/kg noch vergleichsweise teuer. Auf dem Markt sind zwar erste Produkte aus PLA-Fasern (T-Shirts) erhältlich, doch ist nicht zu erwarten, dass diese Fasern mit ihren bisherigen Eigenschaften und heutigen Kosten in der Bekleidung konkurrenzfähig sind. Allerdings sind die Fasern noch relativ neu und ihre Eigenschaften und Anwendungen sind noch Gegenstand von Forschung und Entwicklung.

**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 Feuchte- transports. Die Verarbeitung von Hanf ist wegen veralteter Maschinentech- nologie 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.<sup>17</sup> 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 bezahlen. Als entscheidender Grund für den stark geschrumpf-

---

15 vgl. Ingeo, 2005

16 vgl. Jansen, 2005

17 vgl. Heger, 2005

ten Markt wird die Unzufriedenheit über die Qualität der angebotenen Fasern aufgrund von Beimischungen genannt.

**Hanf** ist ein etabliertes Material als Verstärkungsfaser in **Faserverbundbauteilen**, die insbesondere im Innenbereich der Automobile eingebaut werden.<sup>18</sup> Hanf hat sich darüber hinaus im Bereich der **Dämmstoffe** bewährt.<sup>19</sup> Bevor Chemiefasern zur Verfügung standen, war Hanf ein klassischer Rohstoff für Tauen. Heute gibt es nur noch Nischenanwendungen (Schaufelseile, Treppengeländerseile, Seile für Yacht-Oldtimer). Der Großhandel schätzt die Menge auf einige 100 t im Jahr für Hanf und Flachs.<sup>20</sup> Für Seile sowie für Binde- und Pressgarne aus Naturfasern wird heute in der Regel Sisal und in kleineren Mengen Alpaka (ca. 5.000 t bzw. 240 t im Jahr 2003) verwendet. Aber auch diese Märkte sind rückläufig, weil die Produkte heute durch Synthefasern, insbesondere durch PP, substituiert werden.<sup>21</sup>

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 Strohmatte eingesetzt, sollen sie langsam verrotten, so werden Kokosfaservliese verwendet. Die Menge an Naturfasern in Geotextilien beträgt ca. 500 bis 750 t.

Die Menge an **Flachs** in textilen Produkten (ohne die Märkte Dämmstoffe und Faserverbundbauteile) wird in Deutschland auf 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.<sup>22</sup> Flachs ist eine etablierte, hochwertige Faser, die aufgrund ihrer Feuchttransporteigenschaft 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. Flachs ist kein klassisches Teppichmaterial. Naturfasern (ehemals oft Jute) als Tuf-

---

18 vgl. Markt „Faserverbundwerkstoffe und Formteile“

19 vgl. Grashorn, 2005

20 vgl. WBV, 2005

21 vgl. Müller, 2005

22 vgl. Heger, 2005

tingträgermaterial im Teppichbereich werden heute weitgehend durch Vliese aus PP und Polyester substituiert.<sup>23</sup>

In **technischen Anwendungen** gilt für Flachs das Gleiche wie für Hanf. Der überwiegende Anteil – insbesondere Kurzfasern – wird als Verstärkungsfasern in Faserverbundbauteilen oder Dämmprodukten verwendet. Neben dem Einsatz in Tauen, Seilen, Fäden und Geotextilien wurde Flachs traditionell für Säcke und Beutel eingesetzt. Dieser Markt ist jedoch rückläufig, weil diese Produkte heute durch Synthefasern, besonders durch PP substituiert werden. Gründe hierfür sind sowohl der Preis als auch die Haltbarkeit. Die Menge an diesen traditionellen Produkten beträgt heute geschätzte 2000 t. Flachs ist als hochwertiger Sitzbezugstoff im Automobil interessant wegen seines festen Griffs und seinem kühlen Charakter. Voraussetzung für den Einsatz ist jedoch eine verbesserte Scheuerfestigkeit. Die Erfolgsaussichten für eine entsprechend verbesserte Faser werden unterschiedlich beurteilt.<sup>24</sup> Bei einer Masse der Sitzbezüge von 3 kg je Automobil sowie bei einem Marktanteil von 2 % für Sitzbezüge aus Flachs ergäbe sich für die ca. 6 Mio. in Deutschland hergestellten Fahrzeuge ein jährlicher Bedarf an Flachs von ca. 350 t.

**Cellulosische Fasern** werden in großer Menge in Deutschland produziert. Dieser Industriebereich kann sich aufgrund seines Know-hows und seiner Forschung international erfolgreich behaupten. An vier Produktionsstandorten wurden in Deutschland 2003 ca. 190.000 t hergestellt.<sup>25</sup>

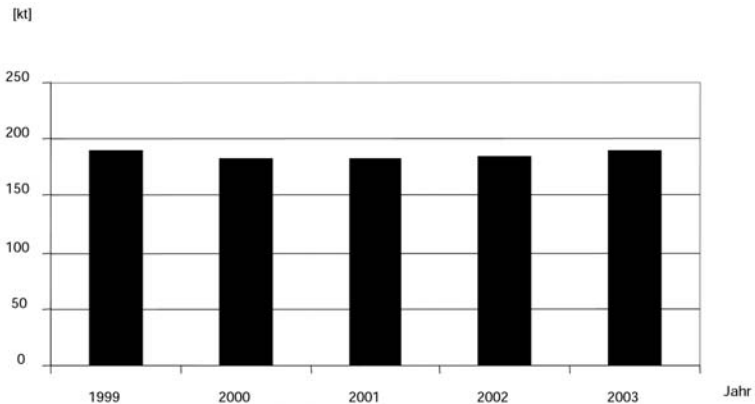
**Viskose** besitzt eine höhere Feuchtigkeitsaufnahme als Baumwolle sowie eine gute Feuchtigkeitsregulierung und Atmungsaktivität und findet daher in Futter- und Sommerstoffen Verwendung. Viskose wird in Bekleidung sowohl als „reine“ Viskose als auch in Mischung mit anderen Fasern verwendet. Die in Deutschland in **Bekleidungs- und Heimtextilien** verwendeten Mengen an Viskose können nicht beziffert werden, weil die Produktionsstatistiken des Statistischen Bundesamtes keine Unterscheidung der verschiedenen Chemiefasern vornehmen und die verfügbaren Export- und Importstatistiken die textilen Fertigprodukte hinsichtlich ihrer Faserart nur unvollkommen spezifizieren. Zur Bestim-

---

23 vgl. Wulfhorst, 1998

24 vgl. Costard, 2005

25 vgl. Industrievereinigung Chemiefaser, 2004



Quelle: Industrievereinigung Chemiefaser, 2004

Abbildung: Produktion cellulosischer Fasern in Deutschland

mung der Marktgröße wird daher davon ausgegangen, dass analog zur Weltproduktion ca. 5 % der in Deutschland hergestellten Textilien aus Viskose bestehen. Bei einem jährlichen Bedarf an Bekleidungs- und Heimtextilien von 25 kg pro Kopf würden in Deutschland demnach ca. 80.000 t Viskose umgesetzt.

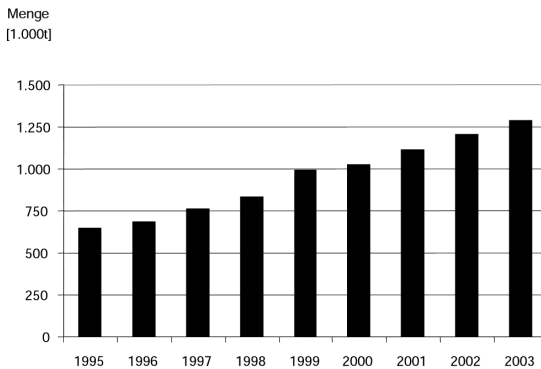
Eine typische Anwendung für »**technische Viskose**« ist der Einsatz als Verstärkungsfasern für Reifen („Reifen-Cord“). Die Temperaturbeständigkeit der mechanischen Eigenschaften sowie der geringe Schrumpf sowohl bei der Herstellung (Vulkanisieren) als auch bei Benutzung der Reifen können durch günstige Synthesefasern heute nicht dargestellt werden. Im Jahr 2004 wurden in Deutschland ca. 14.000 t Reifen-Cord verarbeitet.<sup>26</sup> Weitere Mengen an technischer Viskose in Form von Filamentgarnen werden für die Verstärkung von Schläuchen verwendet (ca. 1.000 t/a). Es wird erwartet, dass technische Viskose zukünftig Glasfasern in Faserverbundwerkstoffen zu einem erheblichen Anteil ersetzen wird. In Europa wurden 2003 ca. 40.000 t Verbundbauteile aus Glasfaser hergestellt, wobei davon ausgegangen wird, dass im Jahr 2015 ca. 10.000 t dieser Menge durch tech-

26 vgl. Stöver, 2005



nische Viskose substituiert werden können. Vorteile ergeben sich dabei insbesondere bei der ansonsten schwierigen Entsorgung von Glasfaser-verstärktem Kunststoff. Eine Hauptanwendung von Celluloseacetatfasern sind Zigarettenfilter, für die weltweit ca. 600.000 t Celluloseacetatfasern<sup>27</sup> hergestellt werden, davon 75.000 t in Deutschland.

**Viskose-Stapelfasern (VSF)** werden in großen Mengen in **Vliesen** eingesetzt und profitieren somit stark vom Boom der Vliesherstellung.<sup>28</sup>



Quelle: EDANA, 2004

Abbildung: Produktion von Vliesen und Filzen in der EU 1995 bis 2003

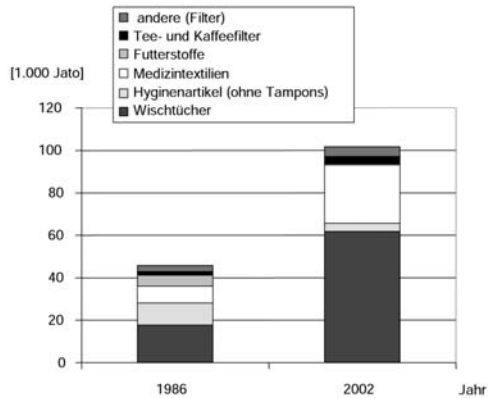
Durch die besonderen Materialeigenschaften der Viskosefaser hinsichtlich Saugfähigkeit, biologischer Abbaubarkeit und gesundheitlicher Unbedenklichkeit ergeben sich vielfältige erfolgversprechende Einsatzmöglichkeiten, u. a. für die Herstellung von Wischtüchern, medizinischen Einweg-Textilien, Windeln, Tampons und Filtertüten.

**Wischtücher** sind ein starker Wachstumsmarkt. So stieg der Absatz von VSF für Wischtücher in Europa in den Jahren 1986 bis 2002 von 18.000 auf 62.000 t, obwohl der Anteil von VSF in Wischtüchern aufgrund des stärkeren Einsatzes von Mikrofasern sinkt. Die cellulosischen Fasern geben den

---

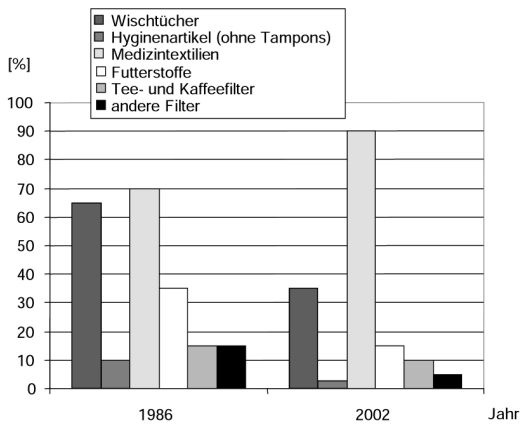
27 vgl. Raninger, 2004

28 vgl. Janura, 2003



Quelle: Cellcheming, 2003

Abbildung: Bedarfsmenge an VSF in EDANA-Vliesstoffen in Westeuropa



Quelle: Cellcheming, 2003

Abbildung: Anteil von VSF in EDANA-Vliesstoffen in Westeuropa

Tüchern Saugfähigkeit, während PP-Fasern häufig für Festigkeit sorgen. Die Produktion **medizinischer Einweg-Textilien** (z. B. Bekleidung, Abdeckungen) belief sich 2002 auf 27.000 t und hält damit einen Marktanteil ca. 90 %. Die Verwendung von cellulosischen Fasern in **Windeln** ist seit dem Einsatz von synthetischen ›superabsorbierenden‹ Fasern (natriumacrylatbasierte Polymere) stark rückläufig. Die Menge von VSF in **Tee- und Kaffeefiltern** bleibt in etwa konstant. **Tampons** werden heute zu über 75 % aus einer besonderen Viskose-Hohlfaser mit großer Faseroberfläche und hohem Porengehalt hergestellt. Die in Europa dafür hergestellte Menge an VSF betrug 16.000 t im Jahr 2002, 1986 waren es noch 11.000 t.

In der deutschen **Textilindustrie** arbeiten **ca. 1.675 Unternehmen** mit 165.000 Mitarbeitern.<sup>29</sup> Darunter befinden sich 53 Vlieshersteller mit 6.700 Mitarbeitern und 53 Teppichhersteller mit 6.300 Mitarbeitern. Im Bereich der **Bekleidungs- und Heimtextilien** herrscht ein **starker internationaler Verdrängungswettbewerb**. Die Branche ist gekennzeichnet durch sinkende Umsätze sowie eine sinkende Anzahl von Unternehmen und Beschäftigten. Die Chemiefaserindustrie kann sich zwar in Deutschland behaupten, aber die Produktionsmengen stagnieren und innerhalb von zehn Jahren hat sich die Anzahl der Mitarbeiter auf 14.000 im Jahr 2004 halbiert.

| Nawaro                 | Bekleidungs-textilien | Heim-textilien | Technische Textilien                 |                                 |                     |                               |                 |                   |
|------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|
|                        |                       |                | Vliese: Medizintex, Wischtücher etc. | Reifen-Cord (Reifen, Schläuche) | Glasfaser-Substitut | Geotextil, Säcke, Tawe, Seile | Autositz-bezüge | Zigaretten-Filter |
| Hanf                   | < 50 t                | < 50 t         |                                      |                                 |                     | < 250 t                       |                 |                   |
| Falchs                 | 8.000 t               | 6.000 t        |                                      |                                 |                     | 2.000 t                       | 350 t*          |                   |
| Cellulosische Fasern** | 85.000 t              |                |                                      | 30.000 t                        | 10.000 t***         |                               |                 | 75.000 t          |

\* Erwartete Menge bei einem geschätzten Marktanteil von 2 % für 2010

\*\* Produktion in Deutschland; \*\*\* Erwartete Menge für 2015 in Westeuropa

Abbildung: Nachfrage nach Fasern aus Nawaro in den unterschiedlichen Textilmärkten

29 vgl. Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie

Bei der Entscheidung für eine Faser oder ein Textil spielen komparative Preisvorteile oder Zusatznutzen eine entscheidende Rolle. Zudem unterliegen Fasern für Bekleidungstextilien oftmals starken modischen Trends. Die Substitution von Fasern, auch von Naturfasern untereinander, unterliegt traditionell diesen Grundsätzen. Häufig können im Ausland gewonnene Naturfasern sowie daraus hergestellte Halbzeuge und Produkte importiert und sehr günstig angeboten werden.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Nawaro-Fasern</b>                        | Flachs (Belgien, Krempelband)<br>Jute (Indien, Flocke)                             | ca. 1,50 €/kg<br>ca. 0,50 €/kg                  |
| <b>Halbzeuge unterschiedlicher Herkunft</b> | Leinen, nass gesponnen NM20:<br>aus der EU<br>aus China                            | ca. 12 €/kg<br>ca. 9 €/kg                       |
| <b>unterschiedliche Fasermaterialien</b>    | Leinengarne aus Flachswerg<br>Technische Viskose<br>(Filamentgarn)<br>Garn aus PLA | ca. 4,50 €/kg<br>ca. 3,50 €/kg<br>ca. 6,50 €/kg |

Abbildung: Preisbeispiele für konkurrierende Fasern

**Zusatznutzen** wirken sowohl bei Bekleidungstextilien als auch bei technischen Textilien als Treiber. Grundvoraussetzung für die Akzeptanz von **Bekleidungstextilien** sind: Pflegeleichtigkeit<sup>30</sup>, Tragekomfort und Bekleidungsphysiologie. Als Zusatznutzen werden folgende Trends identifiziert: Frischegefühl, antimikrobielle Wirkung, Hautpflege, Temperaturausgleich, Wärmegenerierung, Stützfunktion und Wellness.<sup>31</sup> Bei Kunden besteht eine höhere Wertschätzung von Wolle und Baumwolle gegenüber Chemiefasern.<sup>32</sup> Zwar haben Kunden durchaus ein ökologisches Bewusstsein, doch ist die Bereitschaft, dafür u. U. mehr zu zahlen, nur teilweise vorhanden. Es gibt einen Trend zur Funktionalisierung der Bekleidung im (Sport- und Schutz-)Bekleidungsmarkt, die bei Naturfa-

30 vgl. Klopfer, 2005

31 vgl. Melliand, 2005

32 vgl. Costard, 2005

sern und -geweben in der Regel nicht oder nur schwierig umsetzbar ist. Gewinner sind hier hoch entwickelte Funktions-Synthesefasern.

Bei der Auswahl **technischer Textilien** steht in der Regel die spezifizierte Werkstoffeignung im Vordergrund, wobei die nachgefragten Eigenschaften ebenso vielfältig sind wie die Produktpalette. Im technischen Einsatz besitzen Naturfasern oft den Nachteil, dass ihre Eigenschaften einer höheren Streuung unterworfen sind, wofür z. B. unterschiedliche Anbaubedingungen oder klimatische Verhältnisse während des Anbaus und der Ernte verantwortlich sind. Aufgrund der kurzen Lebensdauer von technischen Artikeln wird den Funktionen „biologische Abbaubarkeit“ und „gesundheitliche Unbedenklichkeit“ zunehmend Gewicht beigemessen. Weitere Trends beim Einsatz von Fasern im technischen Einsatz sind funktionale Faseroberflächen, reduzierte Faserstärken (Mikrofasern), Nanofasern mit einem extremen Verhältnis von Volumen zu Masse bei der (ggf. funktionalisierten) Oberfläche.

Die **Abnehmer** von Bekleidungs- und Heimtextilien, Warenhäuser und Filialisten, besitzen gegenüber den Lieferanten die **Marktmacht**. 54 % des Umsatzes im Bekleidungs-gewerbe entfallen auf den Fachhandel, der zunehmend von den großen Filialisten und (Textil-)Discountern dominiert wird.<sup>33</sup> Durch die Globalisierung der Textilmärkte werden die **Lieferanten austauschbar**. Die **Käuferschaft** spaltet sich in die Gruppe derer, die (teure) Markenprodukte bevorzugen, und die Gruppe derer, die günstigen Markenprodukte oder auch „No-Name“-Produkten den Vorzug geben. Werbung und Sonderangebote vermitteln den Endkunden den Eindruck, Kleidung würde generell zu teuer angeboten. In wirtschaftlich schwierigen Zeiten ist eine besondere Verbraucherzurückhaltung bei Kleidung und Heimtextilien typisch. Dabei hat sich das Konsumverhalten dahingehend verändert, dass für Kommunikation bereitwilliger Geld ausgegeben wird als für Bekleidung.<sup>34</sup> Hinsichtlich der Umweltverträglichkeit von Textilien besteht zwischen den Aussagen von Verbrauchern und dem tatsächlichen Kaufverhalten eine Diskrepanz. Denn trotz der im Allgemeinen positiven Einstellung gegenüber ökologischen Produkten, fehlt oft die Bereitschaft, für diese Produkte tatsächlich auch mehr zu bezahlen. Im Bereich der technischen Textilien liegt insbesondere im Automobilbe-

---

33 vgl. Gruner und Jahr, 2004

34 vgl. Gruner und Jahr, 2004

reich die Marktmacht bei den Automobilherstellern, die den Lieferanten nur kleine Margen zugestehen.

Innerhalb der textilen Kette wird eine schnelle Lieferbereitschaft erwartet, die nur durch flexible Fertigungsstrukturen realisierbar ist. Hinzu kommt, dass der Konkurrenzdruck infolge von „Global Sourcing“, durch preisgünstige Bekleidungstextilen aus Asien, verschärft wird. Die für das „Global Sourcing“ notwendige Logistik (und Steuerung) werden heute weltweit beherrscht. Daraus folgt, dass die **Lieferanten** von Bekleidungs- und Heimtextilien heute eine **schwache Position** gegenüber den Abnehmern haben. Die Hersteller von technischen Textilien besitzen hingegen zum Teil ein spezielles Verfahrens- oder Produkt-Know-how und sind damit weniger austauschbar. Im Automobilbau werden zum Teil bewusst lokale Produkte eingesetzt („Local Content“), um hierdurch den eigenen Marktzutritt zu vereinfachen.<sup>35</sup> „Local Content“ wird teilweise auch im Schienenfahrzeugbau von staatlichen Kunden verlangt.<sup>36</sup> Dennoch ist der Automobilbau sowohl technologisch als auch logistisch ein Vorreiter des „Global Sourcing“, das immer dann praktiziert wird, wenn die Qualität den Spezifikationen entspricht. Zulieferer, die selbst am Standort des Abnehmers produzieren und in die Montage vor Ort integriert sind, haben allerdings den Vorteil, auf individuelle Kundenwünsche flexibler und schneller reagieren zu können.

In der faserverarbeitenden Industrie ist es traditionell üblich, dass sich Fasern dann gegenseitig ersetzen, wenn die Eigenschaften es zulassen und wirtschaftliche Vorteile erzielt werden können. Eine **Substitution** geschieht auch durch die Herstellung von Mischgarnen aus verschiedenen Fasern. Hierbei können Kosten (z. B. Polyester-Wolle – Polyester ist günstig), verbesserte Verarbeitbarkeit (z. B. Baumwolle-Flachs – Baumwolle ist besser verspinbar) oder ein angepasstes Eigenschaftsbild (z. B. Baumwolle-Polyester – Baumwolle ist saugfähiger) eine Rolle spielen. In technischen Anwendungen, insbesondere bei den Faserverbundanwendungen, ist die Substitution von Glasfasern durch Nawaro-Fasern (Hanf, Flachs und technische Viskose) interessant. Die technische Viskose wiederum konkurriert z. B. mit preiswerterem Polypropylen im Reifenbereich, sofern die Temperaturstabilität der PP-Fasern gewährleistet ist.

---

35 vgl. Rikeit, 2005

36 vgl. Calomfirescu, 2005

Folgende **rechtliche Rahmenbedingungen** beeinflussen den Textilmarkt:

- Durch den Ablauf des ATC (Agreement on Textiles and Clothings) wurden im Rahmen der WTO die Importquoten für Bekleidungstextilien aufgehoben. Der Ausfuhrwert betrug weltweit 55 Mrd. US-\$ im Jahr 2004 und steigerte sich damit gegenüber 2002 um 50 %. Die Gewinner dieses Prozesses sind China und Indien. Es wird prognostiziert, dass China 50 % des Textil-Weltmarktexportanteils bedient. Hierbei ist kritisch zu bewerten, dass die chinesische Textilindustrie subventionierte Kredite erhält und die Textilien in nicht-kostendeckend arbeitenden Staatsunternehmen hergestellt werden<sup>37</sup>. Aufgrund der Proteste der EU und USA kündigte China im Mai 2005 eine Erhöhung der Exportzölle für Bekleidung um 400 % an und erhebt erstmalig eine Exportabgabe auf Flachsgarne.
- Die Altauoto-Verordnung sieht zurzeit keine Besserstellung von Nawaro im Auto-Interieur hinsichtlich der Entsorgungsquoten vor, wodurch die Verwendung von Nawaro weniger attraktiv wird. Es bleibt abzuwarten, inwieweit die Neuregulierung der Verordnung 2006 diese Problematik berücksichtigt.
- Der Flachsanzbau wird durch Verarbeitungsbeihilfen und durch ertragsunabhängige Flächenbeihilfen gefördert.<sup>38</sup>

---

37 vgl. Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie, 2004

38 vgl. Sauer, Weiershäuser, Hardeweg, 2004

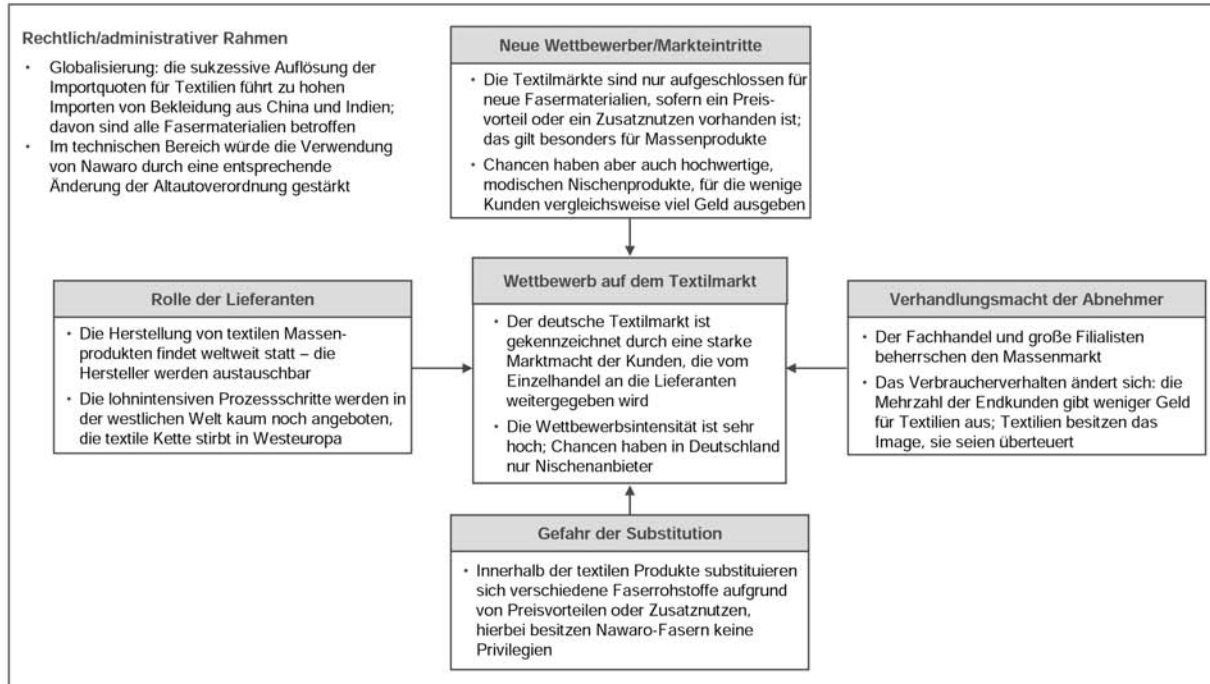


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im deutschen Textilmarkt



Für den Einsatz von **Flachs und Hanf** im Textilmarkt kann **zusammenfassend** festgehalten werden:

- Die wirtschaftliche Produktion von (billigen) Massentextilien ist in Deutschland durch die Konkurrenz aus Asien heute nicht mehr möglich.
- Die Erzeugung von Textilrohstoffen in Deutschland, aus denen sich nur minderwertige Halbzeuge oder Fertigerzeugnisse herstellen lassen, ist aufgrund des günstigen internationalen Angebots dieser Rohstoffe nicht sinnvoll und ohne ständige Subventionen nicht durchführbar.
- Aus klimatischen Gründen besitzt Deutschland ein Potenzial für den Anbau von Flachs mit besonders feinen und festen Fasern zur Herstellung hochwertiger Garne, die wiederum in Premium-Produkten Verwendung finden, für die ein Markt vorhanden ist.
- Die Herstellung von Garnen, Stoffen und Textilien aus hochwertigem Flachs und Hanf ist dann wirtschaftlich, wenn das Ernterisiko durch eine verbesserte Erntetechnik von Flachs und Hanf reduziert, die Qualität der Fasern durch verbesserte Aufschlussverfahren optimiert und die Faser- bzw. Garneigenschaften durch angepasste bzw. verbesserte Spinnverfahren und Hochveredlungsprozesse verbessert werden.
- Die Abwanderung von Betrieben in der textilen Weiterverarbeitung ist irreversibel.

Im Vordergrund einer Förderung sollten daher Verfahrensentwicklungen stehen, die eine wirtschaftliche Ernte, Gewinnung und Weiterverarbeitung von hochwertigem Flachs und Hanf gewährleisten. Der dadurch erzielte Technologievorsprung würde sowohl die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft beim Rohstoffanbau als auch die der verbliebenen nachgelagerten Glieder in der textilen Kette sichern. Aufgrund der hohen Wertschöpfung bei der Herstellung von hochwertigen Bekleidungs- und Heimtextilien werden Arbeitsplätze in der Prozesskette gesichert, ohne dass die (Zwischen-)Produkte selbst gefördert werden müssen. Es wird empfohlen, die Förderung der Entwicklung von Flachs für Automobilsitzbezüge hinsichtlich ihrer Erfolgsaussichten zu prüfen, da hier eine interessante Marktgröße vorliegt. Eine zusätzliche Attraktivität würden Produkte aus Hanf und Flachs durch eine Begünstigung von

Nawaro in der nationalen Umsetzung der Altautoverordnung analog zur Verpackungsverordnung erhalten.

Für den Einsatz von **cellulosischen Fasern** im Textilmarkt kann **zusammenfassend** festgehalten werden:

- In Deutschland existiert eine international erfolgreiche und exportstarke Cellulosefaser-Industrie.
- Viskose ist im Segment Bekleidung sowie bei Vliesen ein etabliertes Material mit großem Marktvolumen.
- Technische Viskose wird in großer Menge als Verstärkungsfaser für Reifen eingesetzt und eignet sich für die Substitution von Glasfasern in Faserverbundanwendungen.
- Materialeigenschaften und Fasergeometrie von (technischer) Viskose und Cellulosederivatfasern können weiterentwickelt werden und stehen damit für neue Anwendungen zur Verfügung.
- Der Rohstoff Cellulose wird heute vollständig durch Importe aus Südafrika und USA/Kanada gedeckt, obwohl die Qualität des heimischen Holzes sich für die Herstellung eignet und Holz aus Deutschland mengenmäßig ausreichend verfügbar ist.

**Schlussfolgerungen:**

- Förderung der Forschung im Bereich Modifikationen an technischer Viskose (geringere Elastizität, Quellung, Faserfeinheit) für zusätzliche Anwendungen.
- Förderung der Entwicklung von kostengünstigeren Herstellungsverfahren für cellulosische Fasern.
- Entwicklung von wirtschaftlichen, umweltfreundlichen Verfahren zur Herstellung von Cellulose aus heimischen Quellen.

| Stärken  | Schwächen  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flachs (Leinen) besitzt einen besonderen Tragekomfort, ist kühl, besitzt eine besondere Feuchtigkeitsaufnahme und ist ein strapazierfähiger Stoff ohne Neigung zum Pilling</li> <li>▪ Flachs ist ein etablierter und geschätzter Rohstoff</li> <li>▪ Der in Deutschland angebaute Flachs hat das Potenzial, besonders feste und feine Fasern zu liefern</li> <li>▪ In technischen Anwendungen eignen sich Flachs und Hanf für biologische abbaubare Produkte</li> <li>▪ Im Automobilbau sind Flachs und Hanf etabliert; es gibt umfangreiche F&amp;E durch Kfz-Hersteller und -lieferanten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lohnkosten der asiatischen und osteuropäischen Konkurrenz</li> <li>▪ Verlust der textilen Kette durch Verlagerung</li> <li>▪ Wenig Möglichkeit der Funktionalisierung von Nawaro-Fasern</li> <li>▪ Deutsche Nawaro Fasern treten in technischen Textilien in Konkurrenz zu preiswerten Importen (z. B. Jute, Abaca, Kokos oder Sisal)</li> <li>▪ Ohne verbesserte Ernteverfahren ist das Ernterisiko in den für den Flächenanbau geeigneten Regionen in Deutschland höher als in Frankreich oder Belgien</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bessere Ernteverfahren können das Ernterisiko reduzieren und damit die Erzeugerkosten für Flachs und Hanf senken</li> <li>▪ Eine Verbesserung der Aufschlussverfahren kann die Qualität von deutschem Leinen »heben« und damit den Grundstoff für Premium-Produkte zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung stellen</li> <li>▪ Die Automobilindustrie wird ein zusätzliches Interesse für Nawaro entwickeln, wenn diese in der Altautoverordnung besser gestellt werden; davon können Flachs und Hanf profitieren</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei Verlust relevanter Glieder in der textilen Kette wird auch bei preiswert angebotenen Rohstoffen die Verarbeitung in Deutschland unmöglich</li> <li>▪ Starke Nachfrageschwankungen durch Mode bei Flachs (Leinen)</li> <li>▪ Qualitätsschwankungen durch suboptimale klimatische Anbaubedingungen, insbesondere während der Feldröste</li> <li>▪ Global Sourcing von textilen Fertigwaren aus ausländischen Rohstoffen</li> </ul>  |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Flachs und Hanf im Textilmarkt

| Stärken   | Schwächen  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cellulosische Fasern sind etablierte und geschätzte Materialien für Bekleidungstextilien und für Technische Textilien</li> <li>• Es existiert eine starke deutsche Viskosefaserindustrie mit hohem Know-How, die sich gut im internationalen Wettbewerb behauptet</li> <li>• Im Gegensatz zu Naturfasern lassen sich cellulosische Fasern in ihrer Geometrie und ihren Eigenschaften modifizieren<br/>Heimisches Holz ist für die Rohstoffversorgung verfügbar; die notwendige Technologie für die Celluloseherstellung existiert</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Neubau von Chemiefaseranlagen ist zukünftig in den Ländern zu erwarten, in denen die Infrastruktur der textilen Weiterverarbeitung vorhanden ist; die textile Kette für Bekleidungs- und Heimtextilien verlässt Deutschland</li> <li>• Die Faserherstellung ist technisch sehr anspruchsvoll und die Verfahren daher teurer als Synthefaser</li> </ul>  |
| Chancen   | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viskose profitiert vom Boom bei der Vliesherstellung</li> <li>• Technische Viskose wird in naher Zukunft Glasfasern in Faserverbundbauteilen substituieren können</li> <li>• Der native Rohstoffs »Holz« ist gut verfügbar und cellulosische Fasern können von der Preiserhöhung für synthetische Fasern bei steigenden Ölpreisen profitieren</li> <li>• Eigenschaftsmodifikationen erhalten die Wettbewerbsfähigkeit der cellulosischen Fasern</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abwanderung der Herstellung von cellulosischen Fasern in Länder, in denen die textile Kette vorhanden ist und die rohstoffseitig integriert sind</li> <li>• Hohe Genehmigungsaufgaben für den Neubau von Chemieanlagen können den Standort Deutschland unattraktiv machen; das betrifft sowohl die Faser- als auch die Celluloseherstellung</li> <li>• Cellulosefabriken können nur wirtschaftlich betrieben werden wenn ihre Kapazität größer als 500.000 Tonne ist</li> </ul> |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von cellulosischen Fasern im Textilmarkt

## 4 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Die Zeit: „Textilindustrie in Deutschland“, in: Die Zeit vom 04.05.2005  
Gesamtverband Textil und Mode: Jahrbuch 2004, Eschborn 2004  
Gruner und Jahr Branchenbilder: Damenoberbekleidung, Herrenbekleidung und Wäsche, Gruner + Jahr Marktanalysen 2004  
Industrievereinigung Chemiefaser e. V. (IVC): Jahrbuch, Frankfurt a. M. 2004  
Janura: Vortrag von Herrn Dr. Janura „Viskosefasern“ auf dem Cellcheming Rundgespräch, 2003  
Klemm, D./Heublein, D./Fink, H.-P./Bohn, A.: „Cellulose: faszinierendes Biopolymer und nachhaltiger Rohstoff“, in: Angewandte Chemie, 117 (2005), 3422  
Melliand: Zusatznutzen von Textilien – Neue Wege und Chancen, in: Melliand Textilberichte, März 2005  
Raninger: 50 Jahre natürliche Chemiefaser, in: Internationale Textile Bulletin, Juni 2004  
Sauer/Weiershäuser/Hardeweg: Standarddeckungsbeiträge 2000/01, 2001/02, 2002/03, Darmstadt 2004  
Statistisches Bundesamt: Produktion nach Güterarten Deutschland 2003, März 2005  
Wulfhorst: Textile Fertigungsverfahren, München-Wien 1998

### Websites:

- Edana: [www.edana.org](http://www.edana.org)  
Ingeo: [www.ingeofibers.com](http://www.ingeofibers.com)

### Einbezogene Unternehmen, Verbände und Institutionen:

- Klopfer: Experteninterview mit Herrn Dr. Klopfer, Industrieverband Garne-Gewebe-Technische Textilien e. V., Eschborn im Februar 2005  
Calomfirescu: Experteninterview mit Herrn Calomfirescu, Firma SIEMENS TRANSPORTATION im März 2005  
Costard: Experteninterview mit Herrn Costard, Firma Flasin GmbH, Neu Wulmstorf im März 2005  
Grashorn: Auskunft von Herrn Grashorn, Firma Ist Ficotex, Bremen im Juni 2005  
Heger: Experteninterview mit Herrn Heger, Flachsverband im März und April 2005  
Jansen: Auskunft von Herrn Dr. Jansen, Firma Kettelhack, Rheine im April 2005  
Müller: Auskunft von Herrn Müller, Firma Geo Gleistein, Bremen im Mai 2005  
Rikeit: Vortrag von Herrn Prof. Rikeit, DaimlerChrysler AG „Einsatz nachwachsender Rohstoffe in Mercedes-Benz-Fahrzeugen“, Bremen im Februar 2005  
Stöver: Auskunft von Herrn Stöver, Firma Cordenka, Obernburg im Februar 2005  
WBV: Auskunft der Firma WBV, Oelde im April 2005

# **Baumaterialien, Dämmprodukte und Möbel**

## **Baumaterialien und Möbel**

Gabriel Cescutti und Thomas Schneider

## **Dämmprodukte**

Cornelia Bluhm, Gabriel Cescutti und Thomas Schneider \*

---

\* Dipl.-Ing. Gabriel Cescutti und Dipl.-Chem. Cornelia Bluhm;  
Faserinstitut Bremen e. V. – FIBRE, Am Biologischen Garten 2, 28359 Bremen,  
[www.faserinstitut.de](http://www.faserinstitut.de)  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Schneider; Faserinstitut Bremen e. V./  
jetzt tätig FHTW Berlin, FB5, Produktionsplanung und -steuerung,  
Fertigungsorganisation, Wilhelminenhof 76/77, 12459 Berlin

---

# Inhalt

|   |            |
|---|------------|
| <b>Baumaterialien, Dämmprodukte und Möbel .....</b> | <b>501</b> |
| <b>Abbildungen.....</b>                             | <b>504</b> |
| <b>A Baumaterialien.....</b>                        | <b>507</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                              | 507        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....            | 513        |
| 3 Analyse des Marktes.....                          | 519        |
| 4 Quellenverzeichnis.....                           | 532        |
| <b>B Dämmprodukte .....</b>                         | <b>534</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                              | 534        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....            | 537        |
| 3 Analyse des Marktes.....                          | 539        |
| 4 Quellenverzeichnis.....                           | 548        |
| <b>C Möbel.....</b>                                 | <b>550</b> |
| 1 Zusammenfassung.....                              | 550        |
| 2 Produkte und Wertschöpfungsketten.....            | 553        |
| 3 Analyse des Marktes.....                          | 555        |
| 4 Quellenverzeichnis.....                           | 564        |

## Abbildungen

|  |     |
|--|-----|
| Anteil einzelner Branchen am Gesamtumsatz der Holzwirtschaft (Bezugsjahr 2004) .....                             | 507 |
| Verbrauchsmengen an Baumaterialien aus Nawaro .....  | 509 |
| Produktionswerte wichtiger Baumaterialien und Endprodukte aus Nawaro .....                                       | 510 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Baumaterialien (Produktionswert).....                              | 511 |
| Übersicht über den Markt für Baumaterialien (Produktionswert in Deutschland).....                                | 512 |
| Stammbaum der Holzprodukte.....  | 513 |
| Wertschöpfungsketten Baumaterialien auf Holzbasis .....  | 514 |
| Primärenergieverbrauch bei der Herstellung von 3 m hohen Stützen bei vergleichbarer Lastauslegung .....          | 518 |
| Stoffliche Verwertung in der Holzstoffindustrie.....   | 519 |
| Zahl der Baugenehmigungen von Wohnungen und Wohnbauten in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern 1984 bis 2003..... | 520 |
| Holzverbrauch für vorgefertigte Holzhäuser und Produktionswert....   | 520 |
| Produktionsvolumen im Segment Ausbau 1997 bis 2003 .....   | 521 |
| Produktion und Verbrauch von Holzspanplatten in 1.000 m <sup>3</sup> 1984 bis 2001 .....                         | 522 |
| Produktionsvolumen und -wert von Holzspanplatten 2002 bis 2004.....  | 522 |
| Europäische Produktion und Kapazitäten für OSB 1998 bis 2003 .....   | 523 |
| Produktionsvolumen und -wert von OSB in Deutschland 2002 bis 2004.....   | 523 |
| Marktentwicklung für MDF-Platten 1998 bis 2003 .....   | 524 |



---

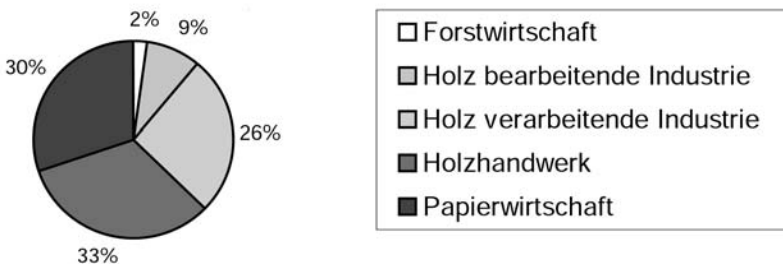
|  |     |
|--|-----|
| Produktionsvolumen und -wert von MDF-Platten<br>in Deutschland 2002 bis 2004.....                          | 525 |
| Produktionsvolumen und -wert von Holzfenstern 2001 bis 2004 .....  | 526 |
| Produktionsvolumen und -wert von Parkett 2001 bis 2004.....  | 526 |
| Umsatz und Beschäftigte in der Bauindustrie 2003 .....   | 527 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken<br>von Holz als Baumaterial.....                           | 531 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Dämmprodukte.....  | 536 |
| Wertschöpfungskette Dämmprodukte .....   | 537 |
| Primärenergieaufwand von Dämmprodukten im Vergleich .....  | 538 |
| Entwicklung des Bauvolumens in den Bereichen Neubau<br>und Modernisierung gemäß den Preisen von 1995 ..... | 539 |
| Markt für Dämmprodukte in Deutschland im Jahr 2003.....  | 540 |
| Preisvergleich von Dämmprodukten im Jahr 2003.....   | 541 |
| Beispiel einer Dachdämmung .....   | 543 |
| Geschätzte Marktentwicklung für Dämmprodukte aus<br>Nawaro in Deutschland bis 2006 .....                   | 543 |
| Wettbewerbsdynamik im deutschen Markt für Dämmprodukte.....  | 546 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Nawaro als Rohstoffe für Dämmprodukte .....         | 547 |
| Übersicht über den Möbelmarkt.....   | 551 |
| Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Möbel.....   | 552 |
| Wertschöpfungsketten Möbelherstellung .....  | 554 |
| Bereinigter Umsatz der Möbelindustrie in Deutschland (1997–2003)...  | 555 |
| Umsatz der Holzmöbelindustrie .....  | 556 |
| Möbelexporte und Möbelimporte Deutschland 2003 .....   | 559 |
| Wettbewerbsdynamik im deutschen Möbelmarkt.....  | 562 |
| Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von<br>Nawaro als Rohstoffe in der Möbelherstellung.....   | 563 |



# A Baumaterialien

## 1 Zusammenfassung

Die deutsche Holzwirtschaft versteht sich als den nachgelagerten Wirtschaftsbereich der heimischen Forstwirtschaft und besteht neben einigen Großunternehmen weitgehend aus mittelständischen Unternehmen.<sup>1</sup> Die deutsche Forst- und Holzwirtschaft hat im Inland mit etwa 950.000 Beschäftigten und etwa 160.000 Betrieben eine große volkswirtschaftliche und arbeitsmarktpolitische Bedeutung. Ohne die Zuliefererindustrie und das Verlags- und Druckereigewerbe betrug der Jahresumsatz der Forst- und Holzwirtschaft im Jahr 2004 ca. 114,6 Mrd. €.<sup>2</sup> Der kumulierte Umsatz der im Baubereich tätigen Branchen<sup>3</sup> belief sich auf insgesamt 20 Mrd. €.



Quelle: Mrosek et al., 2005

Abbildung: Anteil einzelner Branchen am Gesamtumsatz der Holzwirtschaft (Bezugsjahr 2004)

1 vgl. Holzabsatzfonds, 2004

2 vgl. Mrosek et al., 2005

3 Aufteilung nach Mrosek et al., 2005. Folgende Branchen wurden berücksichtigt: industrielles Holzbauwesen, Zimmerer, sonstiges Holzhandwerk, sonstige handwerksähnliche Holzgewerbe.

Hauptabsatzmärkte<sup>4</sup> für den Einsatz von Holzprodukten im Baubereich (Hochbau) stellen die Segmente **Neubau** (Holzgebäude), **Modernisierung** (Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden) und **Innenraumbereich** (Fußböden) dar. 2003 wurden in Deutschland 17,4 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz und 13 Mio. m<sup>3</sup> Holzwerkstoffe produziert,<sup>5</sup> wobei der Verbrauch für Holzbauprodukte insgesamt auf 18,7 Mio. m<sup>3</sup> geschätzt wurde.<sup>6</sup> Die Produktion von Schnittholz aus deutschen Sägebetrieben war kontinuierlich steigend und hat in der Periode 2000 bis 2003 um 16 % zugenommen.<sup>7</sup> Der gesamte inländische Verbrauch im Baubereich wird auf ca. 12,9 Mio. m<sup>3</sup> Schnittholz (im Hochbau) bzw. auf 5,8 Mio. m<sup>3</sup> Holzwerkstoffe geschätzt.<sup>8</sup> Wichtige Endprodukte aus Holz im Baubereich sind u. a. Holzhäuser, Leimbauteile, Fenster, Türen und Parkett. Der Produktionswert wichtiger Baumaterialien und Endprodukte aus Holz in Deutschland betrug 2004 mehr als 6,3 Mrd. €.<sup>9</sup>

Der Markt für Baumaterialien im **Neubaubereich** litt in den letzten Jahren unter einer stetig rückläufigen Baukonjunktur, die zudem sensibel auf staatliche Förderprogramme reagiert. Mittelfristig wird dieser Markt aufgrund der demografischen Entwicklung schrumpfen. Das Marktvolumen von industriell und handwerklich vorgefertigten **Holzhäusern** war in den letzten Jahren kontinuierlich steigend. Langfristig ist jedoch in Folge der schrumpfenden Bevölkerung auch hier eine rückläufige Entwicklung zu erwarten.

Dem Rückgang der Bautätigkeit im Neubaumarkt steht eine bedeutende Zunahme im Bereich Bauen im Bestand gegenüber. Bedeutend sind **Modernisierungsmaßnahmen**, da 23 % der Wohnungen in Deutschland einen Sanierungsbedarf aufweisen.<sup>10</sup> Steigende Heizkosten sowie die Ein-

---

4 Die angegebenen Holzmenge im Baubereich beschränken sich auf Hochbauanwendungen. Der Holzverbrauch im Tiefbau von ca. 2 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2003 (Mantau, 2005), blieb unberücksichtigt.

5 vgl. ZMP, 2004/Statistisches Bundesamt, 2003

6 vgl. Schnittholz (Mantau, 2005)/Spanplatten (ZMP, 2004)/OSB (Statistisches Bundesamt, 2005)/MDF-Platten (EPF, 2005)

7 vgl. ZMP, 2004

8 Eigene Berechnung auf Grundlage der deutschen Verbrauchszahlen an Schnittholz/Holzwerkstoffen (ZMP, 2004), des Anteils des Holzwerkstoffverbrauchs im Baubereich (Fornefeld, 2004/Mantau, 2004) und des Schnittholzverbrauchs im Baubereich (Mantau, 2005).

9 Eigene Berechnung nach Angaben vom Statistischen Bundesamt, 2005

10 vgl. Fornefeld, 2004

| Verbrauch in Deutschland  |                      | Volumen [1.000 m <sup>3</sup> ] |         |               |               |
|---------------------------|----------------------|---------------------------------|---------|---------------|---------------|
|                           | Einheit              | 2000                            | 2001    | 2002          | 2003          |
| Spanplatten (nur für Bau) | 1.000 m <sup>3</sup> | 3.794,7                         | 3.655,4 | 3.081         | 3.091         |
| MDF-Platten               | 1.000 m <sup>3</sup> |                                 |         | 2.640         | 2.700         |
| OSB-Platten               | 1.000 m <sup>3</sup> |                                 |         | 279,9         | 672,8         |
| Schnittholz (Hochbau)     | 1.000 m <sup>3</sup> |                                 |         | 12.309        | 12.933        |
| <b>Summe</b>              |                      |                                 |         | <b>18.030</b> | <b>18.724</b> |

Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben von Mantau, 2005 (Schnittholz)/  
Fornefeld, 2004/ZMP, 2004 (Spanplatten, rechnerischer Verbrauch)/Statistisches  
Bundesamt, 2005 (OSB, Schätzung aus den Produktionszahlen)/EPE, 2005 (MDF)

Abbildung: Verbrauchsmengen an Baumaterialien aus Nawaro

führung neuer Verordnungen zur Energieeinsparung, wie z. B. die Energieeinsparverordnung über die Begrenzung des Energiebedarfs (EnEV, 2002), sind zusätzliche Treiber zur Sanierung von Gebäuden. Holz besitzt als leichter und gleichzeitig fester Bau- und Werkstoff mit guten Wärmedämmeigenschaften besonders gute Marktchancen im Bereich von Baumaßnahmen an bestehenden Gebäuden.

Im **Innenraumbereich** sind Fußböden aus Holz hochwertige und geschätzte Produkte, doch drängen Holzverbundwerkstoffe, wie Laminate oder WPC, mit einem Anteil an synthetischen Werkstoffen als preiswerte Massenartikel in den Markt. Der Produktionswert von **Fußböden** aus Holz erreichte 0,5 Mrd. € im Jahr 2004.<sup>11</sup>

**Holzwerkstoffe** bilden einen großen Wachstumsmarkt im Ausbaubereich, hinter dem in Deutschland eine erfolgreiche und umsatzstarke In-

11 Eigene Berechnung aus den kumulierten Produktionsmengen an Holzprodukten im Baubereich

dustrie steht. Holzwerkstoffe aus deutschen Produkten erreichten in 2004 einen Umsatz von 4,6 Mrd. € für den gesamten Markt.<sup>12</sup> Insbesondere OSB-Platten besitzen hohe Zuwachsraten. Der Einsatz natürlicher Baustoffe wie Schnittholz im Innen- und Ausbaubereich liegt im Trend und der Bedarf ist steigend.<sup>13</sup>

| Produktionswert<br>in Deutschland | Wert [Mio.€] |                |                |                |
|-----------------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
|                                   | 2001         | 2002           | 2003           | 2004           |
| Spanplatte für Bau                |              | 614,2          | 557,5          | 592,1          |
| MDF-Platten                       |              | 1311,8         | 1.339,9        | 1.481,0        |
| OSB-Platten                       |              | 72,9           | 142,3          | 203,9          |
| Sauna                             |              | 67,6           | 68,7           | 68,3           |
| Parkett                           | 176,0        | 180,9          | 213,9          | 231,6          |
| Treppe                            |              | 198,7          | 166,3          | 154,5          |
| Fenster, Fensterrahmen            |              | 938,6          | 864,0          | 825,0          |
| Türen                             |              | 956,3          | 936,9          | 936,3          |
| Betonschalbretter                 |              | 117,5          | 104,8          | 117,1          |
| Leimbauteile                      |              | 257,5          | 274,1          | 288,7          |
| Wandelemente                      |              | 50,1           | 54,3           | 56,6           |
| Holzhäuser                        |              | 1.218,4        | 1.308,8        | 1.255,2        |
| Gartenhäuser                      |              | 122,0          | 121,4          | 117,8          |
| <b>SUMME</b>                      |              | <b>6.106,5</b> | <b>6.152,9</b> | <b>6.328,1</b> |

Quelle: Eigene Berechnung nach Angaben vom Statistischen Bundesamt, 2005

Abbildung: *Produktionswerte wichtiger Baumaterialien und Endprodukte aus Nawaro*

---

12 vgl. Mrosek et al., 2005

13 vgl. Holzabsatzfonds, 2006

| Kriterien  | Neubau<br>(Holzbauwesen im Hochbau)   | Innenraum<br>(Fußböden)   | Ausbau<br>(Modernisierung im Hochbau)  |
|--|---|---|--|
| Marktgröße<br>in 2005 in D   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Holzbau: 2,9 Mrd. €</li> <li>Gesamtmarkt Hochbau: ca. 80,7 Mrd. €</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Parkett: ca. 230 Mio. €</li> <li>Laminat: ca. 250 Mio. €</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Holzausbau: 3,4 Mrd. €</li> <li>Gesamtmarkt Ausbau: ca. 108,5 Mrd. €</li> </ul>   |
| Marktwachstum  | <ul style="list-style-type: none"> <li>bis 2010: - 2 %</li> <li>bis 2020: rückläufig</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>bis 2010: + 2 %</li> <li>bis 2020: stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>bis 2010: - 2 %</li> <li>bis 2020: steigend</li> </ul>  |
| Absatz- und<br>Einkommens-<br>potenzial für dt.<br>Land- u.<br>Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rohholz: 9,7 Mio. m<sup>3</sup> (2003)</li> <li>Umsatz: 533,5 Mio. € (55 €/m<sup>3</sup>)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1,8 Mio. m<sup>3</sup> Rohholz (2003)</li> <li>Umsatz: 98,5 Mio. € (55 €/m<sup>3</sup>)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>11,2 Mio. m<sup>3</sup> Rohholz (2003)</li> <li>Umsatz: 616,5 Mio. € (55 €/m<sup>3</sup>)</li> </ul>                                |
|  | DB: 518 Mio. € (162 €/ha)   |   |  |
| Wettbewerbs-<br>fähigkeit deutsche<br>Land- u. Forst-<br>wirtschaft            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Holz ist ein international gehandeltes Wirtschaftsgut</li> <li>Deutsches Rohholz, Schnittholz und Spanplatten sind wettbewerbsfähig; Exporte und Importe sind etwa ausgeglichen</li> <li>Aufgrund der ungenutzten Holzressourcen ergibt sich ein Potenzial für den Ausbau der Holznutzung</li> </ul> |   |  |
| F&E Defizite   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Konstruktive Holzschutzmaßnahmen</li> <li>CO<sub>2</sub>-Bilanzierung (Okobilanz), Kohlenstoffspeicherwirkung von Holz</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Forschung im WPC-Bereich</li> <li>Innovative Verlegesysteme und Oberflächen</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Steigerung der Nassfestigkeit</li> <li>Einfluss Rohstoff auf Endprodukt</li> <li>Mechanik der Platte (Prozesssimulation)</li> </ul> |
| Risiken  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bautenschutz und Pflegeintensität</li> <li>Demografische Entwicklung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Demografische Entwicklung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Im OSB- und MDF-Bereich ist die Qualität des eingesetzten Holzes weitgehend unerheblich</li> </ul>                                  |
| Nachhaltige<br>Rohstoff- und<br>Energie-<br>bereitstellung                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>E-Bilanz: positiv im Vergleich mit anderen Baustoffen</li> <li>Holz als CO<sub>2</sub>-Senke</li> <li>Intensität Anbau: unkritisch</li> <li>Variabilität der Kulturen: mittel</li> <li>Flächenbedarf: 3,2 Mio. ha (1 ha entspricht ca. 7,1 m<sup>3</sup> Rohholz)</li> </ul>                         |   |  |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Baumaterialien (Produktionswert)

|                           | Roh- und Massivbau<br>(Holzhäuser)  | Innenraum<br>(Fußböden)   | Ausbau (Modernisierungsmarkt)   |
|---------------------------|---|---|---|
| Nawaro<br>Markt-<br>größe | <ul style="list-style-type: none"> <li>ca. 2,9 Mrd. € im Baubereich</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Parkett: ca. 230 Mio. €</li> <li>Laminat: ca. 250 Mio. €</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Holzausbau: ca. 3,4 Mrd. €</li> </ul>  |
| Markt-<br>wachstum        | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: - 2 %</li> <li>2020: rückläufig</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: + 2 %</li> <li>2020: stagnierend</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2010: - 2 %</li> <li>2020: steigend</li> </ul>   |
| Treiber*                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Einsatz moderner Holztechnik</li> <li>+ Geschossaufstockung ohne Veränderung der Baustatik</li> <li>+ Vielseitigkeit und Variabilität von Holz</li> <li>+ Große Exportpotenziale im Ausland (USA, neue EU-Beitrittsländer)</li> <li>+ Schaffung eines angenehmen Wohnklimas</li> <li>- Inländische Bautätigkeit wegen demografischer Entwicklung rückläufig</li> <li>- Pflegeintensität von Holzbauten</li> <li>- Abbau von Fördermaßnahmen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nachfrage nach Laminatfußböden</li> <li>+ Mehrmalige Renovierbarkeit (Parkett)</li> <li>+ Individuelle Gestaltungsmöglichkeit</li> <li>+ Nachfrage nach natürlichen Materialien im Wohnumfeld</li> <li>+ Trendbedingte häufige Umgestaltung des Wohnumfeldes</li> <li>- Pflegeintensität von Holz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Formstabilität und Belastbarkeit</li> <li>+ Steigender Renovierungs- und Modernisierungsbedarf</li> <li>+ Preiswerter und energiesparender Baustoff</li> <li>+ Vielseitigkeit und Variabilität von Holz</li> <li>+ Feuchtigkeitsregulierende Funktion</li> </ul> |

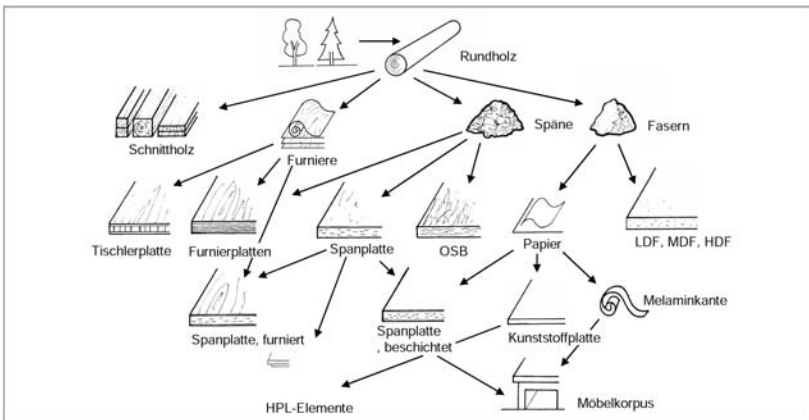
\* Die Treiber beziehen sich auf die Potenziale einer ausgebauten Holznutzung im genannten Marktsegment.

Abbildung: Übersicht über den Markt für Baumaterialien (Produktionswert in Deutschland)



## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Aus Rundholz können Vollholzprodukte und Holzwerkstoffe zur Verwendung in unterschiedlichen Branchen (u. a. Bau-, Möbel- und Verpackungsindustrie) hergestellt werden. Holzwerkstoffe werden aus Schnittholz, Furnieren, Holzspänen bzw. Holzstreifen oder Holzfasern verschiedener Holzarten unter Hinzufügung natürlicher und/oder synthetischer Bindemittel sowie ggf. weiterer Additive hergestellt. Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die unterschiedlichen Holzprodukte.



Quelle: VHI, 2005

Abbildung: Stammbaum der Holzprodukte

| <b>Wertschöpfungsketten</b>            |  |
|--|--|
| <b>Roh- und Massivbau (Holzhäuser)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Holz beim Hausbau: industriell und handwerklich vorgefertigten Holzhäuser, Dachstühle</li> <li>▪ Schnittholz – Sägen – Fräsen – Auftrag von Holzschutzmitteln – Oberflächenfinish – Montage</li> </ul>  |
| <b>Ausbau (Modernisierungsmarkt)</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Spanplatten, OSB- , MDF-Platten: Holzgewinnung – Lagerung – Spanherstellung bzw. Nebenprodukte der Holzbearbeitung – Pressen mit Bindemittel (Harz, Leim) unter Wärme – ggf. Laminierung und Beschichtung</li> <li>▪ Schnittholz – Sägen – Fräsen – Auftrag von Holzschutzmitteln – Oberflächenfinish – Montage</li> <li>▪ Holzfenster: Schnittholz – Sägen – Fräsen – Auftrag von Holzschutzmitteln – Oberflächenfinish – Montage</li> </ul>   |
| <b>Innenraum (Fußböden)</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elastische Fußböden: Linoleum u. a. : Herstellung (Materialmischung aus natürlichen Bindemitteln und Harzen) – Oberflächenveredelung – Zuschnitt – Montage</li> <li>▪ Textile Bodenbeläge: Teppich (vgl. Textile Kette – Verklebung oder Verspannung mit zusätzlicher Konstruktion)</li> <li>▪ Schnittholz – Sägen – Fräsen – Auftrag von Holzschutzmitteln – Oberflächenfinish – Montage</li> <li>▪ Laminat: Holzgewinnung – Lagerung – Spanherstellung – Pressen mit Bindemitteln – Beschichtung mit polymerer Nutzsicht</li> </ul> |
| <b>WPC</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Holzgewinnung – Mahlen (Holzmehl) – Extrusion unter Zugabe thermoplastischer Polymere –</li> <li>▪ Oberflächenfinish</li> </ul>   |

Abbildung: Wertschöpfungsketten Baumaterialien auf Holzbasis

### **Herstellungsverfahren**

**Holzhäuser** und **Dachstühle** bleiben die Domäne des heimischen Massivholzes. Zwischen den verschiedenen konstruktiven Bauarten kommen mit 85 % Marktanteil vorwiegend vorgefertigte Holzhäuser zum Einsatz.<sup>14</sup> Beim industriell und handwerklich vorgefertigten **Holzhausbau** werden zwei Konstruktionsarten unterschieden.<sup>15</sup> Der Holztafelbau umfasst Fertighäuser, die im Werk vollständig vorgefertigt werden. Beim Holzrahmenbau des handwerklichen Holzbaus werden nur die nach außen geschlossenen Wände vorgefertigt. Beide Konstruktionsarten unterscheiden sich nur durch den Grad der Vorfertigung. Im Massivholzbau werden entweder Rundhölzer oder übereinander gelegte und miteinander verbundene Balken für die Wandkonstruktion eingesetzt.<sup>16</sup> Durch konstruktive und technische Innovationen hat der Holzbau in den letzten beiden Jahrzehnten die mehrgeschossige Bauweise und die Verwendung im Nicht-Wohnbau erschlossen.<sup>17</sup> **Dachkonstruktionen** werden aus regelmäßigen Vierkant-Vollholzbalken oder Leimholzbalken errichtet. Die Dachstuhlkonstruktion selbst wird über geleimte Zapf- oder Schraubverbindungen ausgeführt (Holzleimbinder, Nagelplattenkonstruktion). **Holzfenster** werden ebenfalls aus Vollholz oder verleimten Massivholzkomponenten gefertigt.

**Holzwerkstoffe** wie Span-, OSB- und MDF-Platten werden aus Holzspänen, -chips oder -fasern hergestellt, die mit geringen Leimanteilen zu einem homogenen Werkstoff verpresst werden. Die Holzwerkstoffplatten lassen sich im Allgemeinen nach ihren Herstellungsverfahren unterscheiden:

- **Spanplatten** werden hauptsächlich aus Koppelprodukten der Holzbe- und -verarbeitung hergestellt. Für die Umformung werden Holzspäne verschiedener Größe mit Kunstharzklebstoff unter Zuführung von Wärme gepresst. Je nach Herstellungsverfahren unterscheidet man in Flachpressplatten, Strangpressplatten und Kalanderspanplatten.<sup>18</sup> Spanplatten werden roh, geschliffen, furniert oder mit Kunststoff beschichtet verkauft.

---

14 vgl. Holzabsatzfonds, 2004

15 vgl. Holzabsatzfonds: Natürlich Holz. Checkheft für Bauherren, 2006

16 vgl. Fornefeld, 2004

17 vgl. Holzabsatzfonds, 2004

18 vgl. Mantau, 2004

- Eine (Oriented Strand Board) **OSB-Platte** wird ähnlich einer Spanplatte produziert. Es handelt sich um einen plattenförmigen Werkstoff, bestehend aus orientierten Nadelholz-Spänen. Nach der Zerspannung werden die Strands mit langsam rotierenden Trommeltrocknern auf Holzfeuchten von 5 bis 6 % Feuchtigkeit getrocknet.<sup>19</sup>
- (Mitteldichte Faser Platten) **MDF-Platten** sind plattenförmige, flächenisotrope Holzwerkstoffe, die aus einzelnen Holzfasern (Zellen) und Faserbündeln bestehen. Die diffusionsoffenen MDF-Platten werden aus Nadelholzfasern und einem PMDI- oder PF-Leim im Trockenverfahren hergestellt. MDF-Platten werden heute überwiegend mit kontinuierlich arbeitenden Pressen hergestellt.<sup>20</sup>

**Fußböden:** Bei Dielen handelt es sich traditionell um Holzbretter, die mittels marktgängiger Sägetechniken hergestellt werden. Parkett stellt eine mehrschichtige Konstruktion mit Holznutzschichten dar. Laminat besteht aus einer mehrschichtigen Konstruktion mit industriell gefertigtem holzfaserverstärktem Unterbau und polymerer Nutzschiicht.

**WPC** (Wood Plastic Composites) sind extrudierte thermoplastisch verarbeitbare Verbundwerkstoffe aus Holz, die unter Zugabe von synthetischen Kunststoffen und Additiven (z. B. 70 % Holzmehl, 25 % Polyethylen, 5 % Bindemittel) hergestellt werden. WPC bilden eine noch relativ junge Werkstoffgruppe. Die relativ hohen Kosten, ein niedriger Bekanntheitsgrad am Markt und das Fehlen eines Massenmarktes haben die Markteinführung der WPC bisher gebremst.<sup>21</sup>

### Ökologische Bewertung

Mit ca. 3,4 Mrd. m<sup>3</sup> weist Deutschland den größten absoluten Holzvorrat aller europäischen Länder auf.<sup>22</sup> Die gesamte **Waldfläche** in Deutschland beträgt nach der zweiten Bundeswaldinventur 11,1 Mio. ha und entspricht somit knapp einem Drittel der Landesfläche.<sup>23</sup> In den letzten Jahren hat die Waldfläche in Deutschland um ca. 5.000 ha p. a. zugenommen.

---

19 vgl. Kruse, 2001

20 vgl. Kruse, 2001

21 vgl. Vogt, 2006

22 vgl. Bundeswaldinventur – BWI2, 2004

23 vgl. Holzabsatzfonds, 2004

Der **Holzzuwachs** in Deutschland beträgt jährlich ca. **95 Mio. Festmeter** und wird nur zu zwei Dritteln genutzt.<sup>24</sup> Aus den ungenutzten Holzreserven ergibt sich ein Potenzial für den Ausbau der deutschen Holzwirtschaft.<sup>25</sup> Mit der „Charta für Holz“ wurde ein Maßnahmenprogramm zum höheren Absatz und zur stärkeren Verwendung von Holz vorgelegt.<sup>26</sup>

Wälder und Holzprodukte sind wichtige Kohlenstoffspeicher. Drei **Kohlenstoffsenke-Effekte** sind bei Holz und Holzprodukten zu unterscheiden:

- Von der Baum-Biomasse werden in Deutschland 1,1 Mrd. t CO<sub>2</sub> gespeichert.<sup>27</sup>
- Produkte aus Holz setzen die Kohlenstoffsenke im Wald zeitlich fort und sind somit CO<sub>2</sub>-neutral.<sup>28</sup>
- Eine verstärkte Holznutzung verhindert einen steigenden Einsatz von petrochemisch basierten Produkten im Markt.<sup>29</sup>

Die **Umweltbelastung** bei Baukonstruktionen mit Holz und Holzwerkstoffen ist **gering**, da die Verarbeitung von Holz als Baustoff einen weit aus geringeren Energieeintrag als die Verarbeitung anderer Rohstoffe erfordert.<sup>30</sup> Insbesondere Holz aus heimischer Produktion hat als Baustoff eine sehr günstige Energiebilanz, denn Holz gelangt ohne weite Transportwege direkt in die Verarbeitung. Bei einer gesamten Betrachtung des Energiebedarfs im Lebenszyklus von Holzprodukten für Baumaßnahmen, inklusive Herstellung der Baustoffe und Abriss des Gebäudes, schneiden Produkte aus Holz im Vergleich zu anderen Bau- und Werkstoffen energetisch besser ab.

Aufgrund des hohen Massenanteils des Rohstoffes Holz in **Holzwerkstoffplatten** ist die Umweltbelastung beim Ausbau mit Holz gering. Im Unterschied zu Ausbaumaterialien aus fossilen Energieträgern können bei Holz und Holzwerkstoffen CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden, wenn nach Ende ihrer Nutzung Holz und Holzwerkstoffe energetisch verwertet

---

24 vgl. Mindmap Holzabsatzfonds, 2006

25 vgl. Holzbau, 1998

26 vgl. Charta für Holz, 2002

27 vgl. Frühwald, 2001

28 vgl. Holzbau, 1998

29 vgl. Holzabsatzfonds, 2006

30 vgl. Holzabsatzfonds, 2004

| Baustoff      | Materialbedarf | Energieverbrauch |
|---------------|----------------|------------------|
| Holz          | 60 kg          | 60 kWh           |
| Stahlprofil   | 75 kg          | 561 kWh          |
| Stahlbeton    | 300 kg         | 221 kWh          |
| Kalksandstein | 420 kg         | 108 kWh          |

Quelle: Holzabsatzfonds, 2004

Abbildung: Primärenergieverbrauch bei der Herstellung von 3 m hohen Stützen bei vergleichbarer Lastauslegung

werden. Bei der Betrachtung der Ergebnisse einer CO<sub>2</sub>-Bilanz können folgende Aussagen für die ausgewählten Holzwerkstoffe getroffen werden:<sup>31</sup>

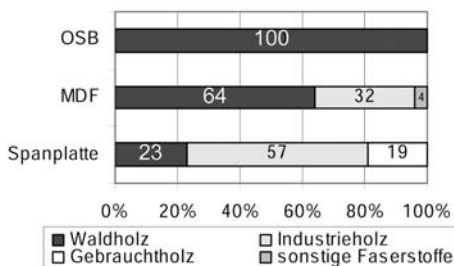
- **Spanplatten** bestehen ca. zu 90 % aus Holz und nur zu 10 % aus Binde- und Hydrophobierungsmitteln, so dass in Spanplatten über 900 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Kubikmeter gebunden sind.
- Der Holzanteil in **OSB-Platten** beträgt über 80 %, so dass pro Kubikmeter OSB-Platte ebenfalls über 900 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent gebunden sind.
- Der Holzanteil in **MDF-Platten** liegt unter 80 %, wodurch 1.144 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Kubikmeter gebunden werden.

**Holzfenster** sind als originäres Holzprodukt praktisch CO<sub>2</sub>-neutral. Die Umweltverträglichkeit von **Fußböden** hängt zum einen vom Nawaro-Anteil sowie zum anderen vom Energiebedarf bei der Herstellung ab. Parkett und Laminat sind ökologisch verträglich, da sie zu einem hohen Anteil aus Holz und Restholzprodukten bestehen. Bei Parkett ergibt sich ein Verhältnis von 1,84 kg CO<sub>2</sub> je Kilogramm Material.<sup>32</sup> Eine Verbesserung des Potenzials von Laminat kann durch eine Verlängerung der Lebensdauer von zehn auf fünfzehn Jahre erzielt werden. Für WPC ergibt sich aufgrund des Polymeranteils im Vergleich zur CO<sub>2</sub>-Neutralität von Vollholz eine signifikant schlechtere Umweltbilanz.

---

31 vgl. Hasch, 2002

32 vgl. Deimling, 2002



Quelle: Mantau, 2004

Abbildung: Stoffliche Verwertung in der Holzstoffindustrie

### 3 Analyse des Marktes

Die Bauindustrie erlebt eine konjunkturell schwierige Phase, wovon insbesondere der Neubaubereich betroffen ist. Nach einem Schub der Bautätigkeit bis Mitte der 90er Jahre, gefördert durch die konjunkturellen Sondereffekte der Wiedervereinigung, ist die Baukonjunktur in Deutschland dramatisch rückläufig. Dies gilt für alle Bereiche des Wohn- und Nichtwohnbau, so u. a. den Eigenheimbau.<sup>33</sup> Der Hauptverband der deutschen Bauindustrie rechnete im Mai 2005 für das laufende Jahr mit einem weiteren Umsatzrückgang von 3,5 %.

In Holzbauweise erstellte Gebäude sind ein Hauptabsatzmarkt für Schnittholz. Der Rückgang von Neubauten in **Holzbauweise** im Vergleich zur klassischen Bauweise fällt jedoch geringer aus,<sup>34</sup> da der Marktanteil des Baustoffs Holz seit rund 15 Jahren überproportional wächst.<sup>35</sup> Ein Entwicklungspotenzial ist daher noch möglich. Im Jahr 2004 betrug im Bereich Wohnbau (Ein- und Zweifamilienhausbau) der Anteil an Holzgebäuden mit 20.451 Wohneinheiten 12,7 %.<sup>36</sup> Das Marktvolumen für **vorgefertigte Holzhäuser** war in den letzten Jahren steigend und betrug im Jahr 2004 ca. 1,3 Mrd. €, wovon etwa 0,2 Mrd. € auf Importe entfallen. Hauptlieferanten sind Polen, Tschechien und Finnland.<sup>37</sup>

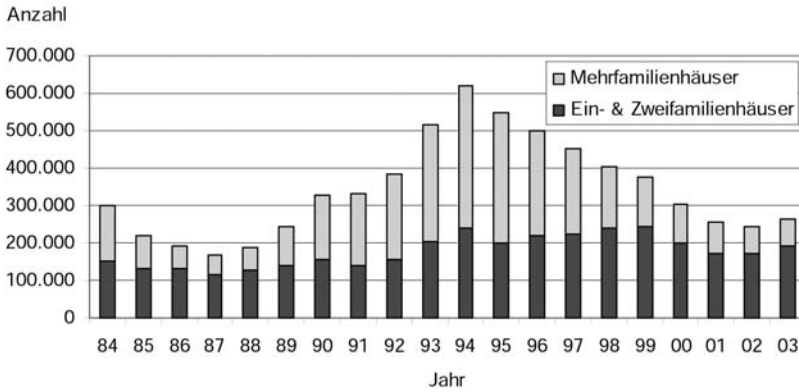
33 vgl. VHI, 2005

34 vgl. Fornefeld, 2004

35 vgl. Holzabsatzfonds, 2004

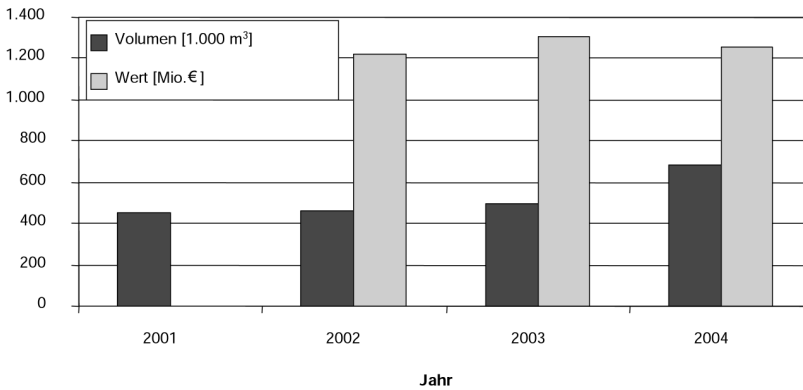
36 vgl. Mindmap Holzabsatzfonds, 2006

37 vgl. Bauzentrale, 2003



Quelle: ZMP, 2004

Abbildung: Zahl der Baugenehmigungen von Wohnungen und Wohnbauten in Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern 1984 bis 2003



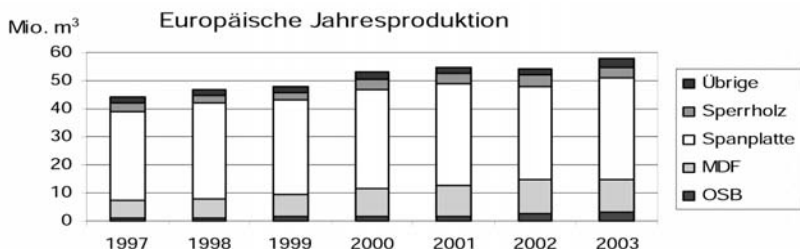
Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005

Abbildung: Holzverbrauch für vorgefertigte Holzhäuser und Produktionswert



Im Bereich der **Modernisierung** lassen sich positive Entwicklungen erkennen, die vor allem Schnittholz und Holzwerkstoffe betreffen. **Schnittholz** hat sich im Modernisierungsmarkt gut positioniert. Die Produktion von Schnittholz aus deutschen Sägebetrieben ist steigend und betrug im Jahr 2004 17,4 Mio. m<sup>3</sup>.<sup>38</sup> Schnittholzexporte sind auf höchstem Niveau und übersteigen in 2004 erstmals die Importe deutlich.<sup>39</sup>

2003 wurden in Deutschland ca. 13 Mio. m<sup>3</sup> Holzwerkstoffe produziert.<sup>40</sup> Die Produktionsvolumen von Holzwerkstoffen in Europa sind steigend. Mit 58,8 Mio. m<sup>3</sup> wurden in Europa (ohne Russland) 2004 im Vergleich zum vorangegangenen Jahr 5,4 % mehr Holzwerkstoffe produziert.<sup>41</sup> Davon entfielen ca. 65 % auf Spanplatten, 20 % auf Faserplatten (MDF) und 4 % auf OSB.<sup>42</sup> Der Konzentrationsprozess der Holzwerkstoffhersteller in Deutschland ist weitgehend abgeschlossen.<sup>43</sup>



Quelle: Hasener, 2004

Abbildung: Produktionsvolumen im Segment Ausbau 1997 bis 2003

Im Einzelnen werden die jeweiligen Marktentwicklungen von Holzwerkstoffen nachfolgend diskutiert:

Nach einem starken Wachstum bis zum Jahr 1998 stagnierte der Verbrauch von **Holzspanplatten** in Deutschland im Jahr 2001, die Produktion lag bei ca.

38 vgl. ZMP, 2004

39 vgl. Mindmap Holzabsatzfonds, 2006

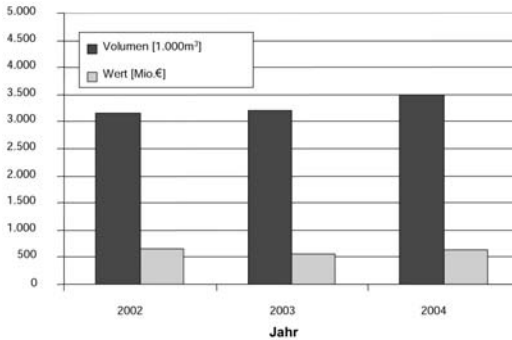
40 vgl. Statistisches Bundesamt, 2003

41 vgl. Mrosek et al., 2005

42 vgl. Hasener, 2004 (nach Angaben der European Panel Federation)

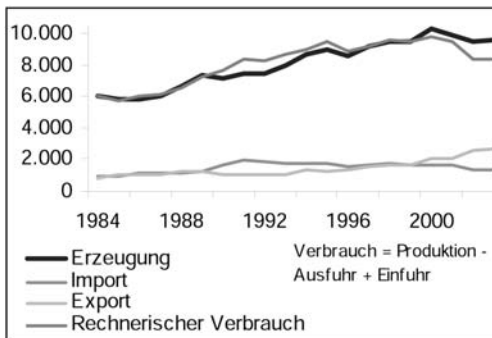
43 vgl. Knauf, 2004

9,8 Mio. m<sup>3</sup> Holzspanplatten.<sup>44</sup> Ein neuerliches Wachstum für die Produktion von Spanplatten wird prognostiziert, wobei eine Verlagerung der Produktion nach Osteuropa, insbesondere bei der Massenfertigung, erwartet wird.



Quelle: ZMP, 2004

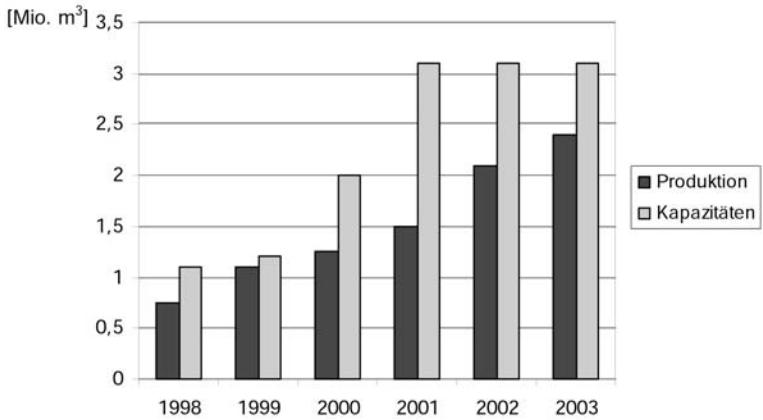
Abbildung: Produktion und Verbrauch von Holzspanplatten in 1.000 m<sup>3</sup> 1984 bis 2001



Quelle: Fornefeld, 2004

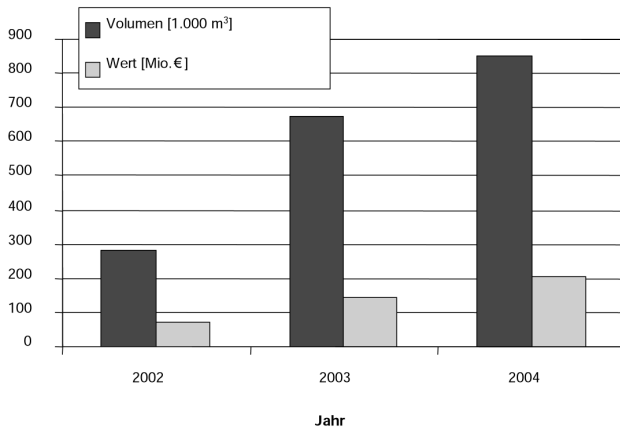
Abbildung: Produktionsvolumen und -wert von Holzspanplatten 2002 bis 2004

44 vgl. Fornefeld, 2004



Quelle: EPF, 2005

Abbildung: Europäische Produktion und Kapazitäten für OSB 1998 bis 2003

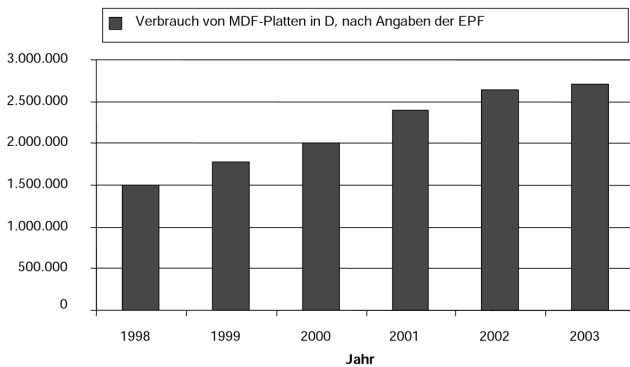


Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005

Abbildung: Produktionsvolumen und -wert von OSB in Deutschland 2002 bis 2004

In den letzten Jahren wies der Holzwerkstoff **OSB** deutliche Zuwachsraten auf.<sup>45</sup> OSB-Platten haben sich im Holzbau etabliert. Trotz der Popularität und der vielseitigen Verwendung in Nordamerika ist OSB in Europa ein relativ neues Produkt.<sup>46</sup> Neue Entwicklungen sind Gegenstand der Forschung. Die signifikanten Zuwachsraten der Produktion in den vergangenen Jahren belegen die Akzeptanz dieses Materials und lassen zukünftig weitere Steigerungsraten erwarten. Das Produkt genießt insbesondere in handwerklichen Betrieben einen sehr guten Ruf.<sup>47</sup>

Wie die folgende Abbildung zeigt, wies der Holzwerkstoff **MDF** in den letzten Jahren deutliche Zuwachsraten auf. Ein Wachstumspotenzial ist auch für diese Produktgruppe offensichtlich. Hauptabsatzgebiete von MDF-Platten sind die Möbelindustrie und der Innenausbau. Sie werden im Bauwesen als Wandbeplankung und Dachplatten eingesetzt.<sup>48</sup> Der Verbrauch von MDF-Platten in Deutschland ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen und ist auf die hohe Nachfrage nach Laminatböden zurückzuführen.

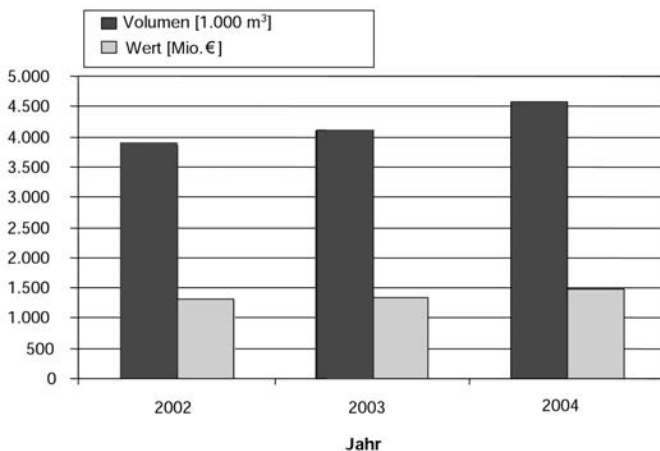


Quelle: EPF, 2005

Abbildung: Marktentwicklung für MDF-Platten 1998 bis 2003

---

45 vgl. Kruse, 2001  
46 vgl. Hasch, 2002  
47 vgl. Kruse, 2001  
48 vgl. Kruse, 2001



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005

Abbildung: Produktionsvolumen und -wert von MDF-Platten in Deutschland 2002 bis 2004

Im Modernisierungsbereich weisen **Leimbauteile** signifikante Zuwachsraten auf. Die Produktionsmengen von Brettschichtholz (BSH, früher bezeichnet als Leimbinder<sup>49</sup>) haben sich von 1997 bis 2003 auf 635.000 m<sup>3</sup> verdoppelt.<sup>50</sup>

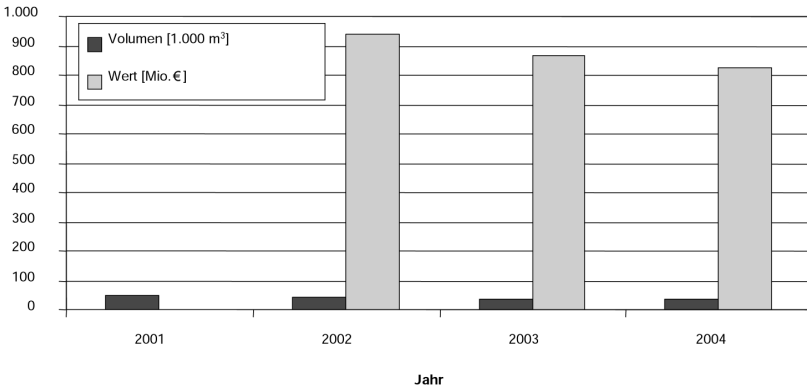
Die Herstellung von **Holzfenstern** (enthalten im Schnittholz) ist tendenziell rückläufig. Es ist davon auszugehen, dass dieser Abwärtstrend anhält. Konkurrenz besteht insbesondere durch preiswertere und pflegeleichtere Kunststofffenster. Die Marktentwicklung im Bereich **Türen** und **Treppen** zeigt ebenfalls eine leicht fallende Tendenz.

Im Innenausbau lässt sich im Bereich **Fußböden** eine leicht steigende Nachfragetendenz für Parkett erkennen. Steigender Nachfrage erfreut sich auch der Laminat-Markt.<sup>51</sup>

49 vgl. Knauf, 2004

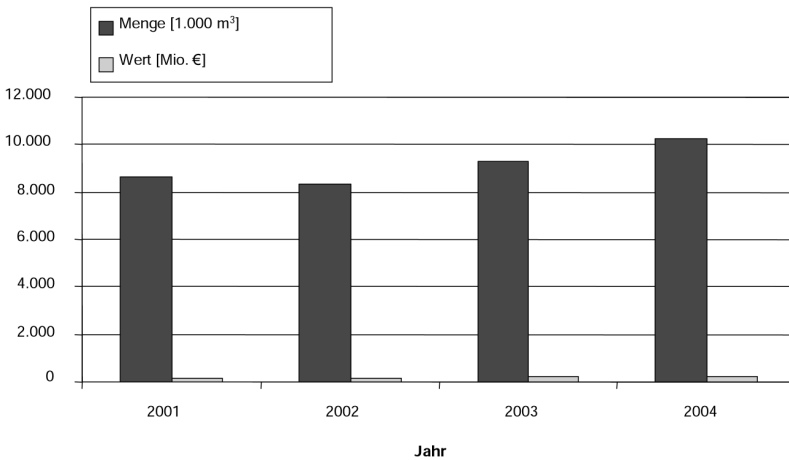
50 vgl. ZMP, 2004

51 vgl. EPLF, 2006



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005

Abbildung: Produktionsvolumen und -wert von Holzfenstern 2001 bis 2004



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2005

Abbildung: Produktionsvolumen und -wert von Parkett 2001 bis 2004

Für den deutschen **WPC-Markt** wird für das Jahr 2005 ein Produktionsvolumen in Höhe von 10.000 t erwartet.<sup>52</sup> Da der Markt erst in der Entstehung ist, sind weitere verlässliche Daten noch nicht verfügbar.

Die **Wettbewerbssituation** in der Bauindustrie ist maßgeblich geprägt durch Rezession bzw. durch einen starken Preisdruck auf Unternehmenseite sowie durch Verdrängungswettbewerb. Gründe hierfür sind die stark rückläufige private Bautätigkeit und die rückläufigen öffentlichen Investitionsausgaben.<sup>53</sup>

Der Wohnungsbestand in Deutschland umfasste 2003 insgesamt ca. 37 Mio. Wohnungen, wobei rund 60 % des Bestands zwischen 1949 und 1990 errichtet wurde. Sanierungsbedarf besteht bei 23 % der Wohnungen. Besondere Marktchancen bestehen im Bereich von Baumaßnahmen an bestehenden Gebäude, da die Aufstockung mit einer Holzkonstruktion aufgrund des spezifischen Gewichts von Holz ohne Änderung der bestehenden Statik möglich ist.<sup>54</sup> Dem Rückgang der Bautätigkeit im Neubauemarkt steht eine bedeutende Zunahme im Marktsegment Bauen im Bestand gegenüber.<sup>55</sup>

| Baujahr 2003                           | Umsatz 2003 |           | Beschäftigte 2003 |           |
|--|-------------|-----------|-------------------|-----------|
|  | Mrd. €      | % zu 2002 | 1000 Personen     | % zu 2002 |
| Bundesvereinigung Bauwirtschaft gesamt | 184,0       | -3,8      | 2833,4            | -4,1      |
| Bauhauptgewerbe                        | 65,5        | -3,1      | 723,8             | -5,6      |
| Ausbaubewerbe                          | 52,4        | -3,5      | 739,6             | -4,8      |
| Haus- & Gebäudetechnik*                | 66,1        | -4,8      | 1352,0            | -4,2      |
| *einschließlich Gebäudereinigung       |             |           |                   |           |

Quelle: Bauwirtschaft, 2003

Abbildung: Umsatz und Beschäftigte in der Bauindustrie 2003

52 vgl. Vogt, 2006

53 vgl. Bauwirtschaft, 2003

54 vgl. Filippi, 2006

55 vgl. Fornefeld, 2004

Der Bau von Ein- und Mehrfamilienwohnungen ist sehr stark von der staatlichen Förderung abhängig.

Das Baugewerbe unterliegt einer Vielzahl von **rechtlichen Rahmenbedingungen**. Zu den wichtigsten Bedingungen zählen:

- Energieeinsparverordnung (EnEV),
- Förderung von Wohneigentum,
- Landesbauordnungen,
- Kommunale Bausatzungen.

**Treiber** für den Einsatz von Holz im Bereich von **Baumaßnahmen**:

- + Preiswerter und energiesparender Baustoff
- + Einsatz moderner Bauweisen
- + Vielseitigkeit und Variabilität von Holz
- + Große Nachfrage im Ausland für den Export
- + Schaffung eines angenehmen Wohnklimas
- Inländische Bautätigkeit wegen demografischer Entwicklung rückläufig
- Pflegeintensität von Holzbauten
- Abbau von Fördermaßnahmen.

**Treiber** für den Einsatz von Holz im Bereich von Baumaßnahmen an **bestehenden Gebäuden**:

- + Vielseitigkeit und Variabilität von Holz
- + Große Nachfrage im Ausland für den Export
- + Schaffung eines angenehmen Wohnklimas
- + Geschossaufstockung ohne Veränderung der Baustatik
- + Formstabilität und Belastbarkeit
- + Steigender Renovierungs- und Modernisierungsbedarf
- + Preiswerter und energiesparender Baustoff
- + Vielseitigkeit und Variabilität von Holz
- + Feuchtigkeitsregulierende Funktion
- Pflegeintensität von Holzbauten.

Im **Innenraumbereich** sind folgende **Treiber** relevant:

- + Verstärkte Nachfrage nach Innenraumprodukten aus Holz (Parkett, Laminat, Dielen)
- + Mehrmalige Renovierbarkeit (Parkett)
- + Individuelle Gestaltungsmöglichkeit
- + Nachfrage nach natürlichen Materialien im Wohnumfeld



- + Trendbedingte häufige Umgestaltung des Wohnumfeldes
- Pflegeintensität von Holz.

Der **Konkurrenzdruck** in der Holzbranche führt zu einem **Konzentrationsprozess** der Betriebe.<sup>56</sup> Im Zeitraum von 2001 bis 2005 hat sich die Anzahl von Sägewerken in der deutschen **Sägeindustrie** von etwa 3.000 auf 2.000 reduziert.<sup>57</sup> Rund 70 % der Sägewerke waren dabei kleine Betriebe mit einer Produktion von weniger als 5.000 m<sup>3</sup>, nur 2 % waren Großbetriebe mit einer Produktion von mehr als 100.000 m<sup>3</sup>.

Auch **Baumärkte und Bauhandel** befinden sich aufgrund der rückläufigen Baukonjunktur unter einem **hohen Konkurrenzdruck**, der über die Preise ausgetragen wird. Der zunehmende Wettbewerb unter den Baumärkten begünstigt einen weiteren Preisverfall. Aufgrund dieser Entwicklung besitzen die Endverbraucher eine hohe Preistransparenz und kaufen entsprechend preisbewusst. Die Marktmacht von Baumärkten gegenüber den Rohstofflieferanten ist groß, da sie häufig in Einkaufsverbänden zusammengeschlossen sind oder weil es sich um Baumarkt-Ketten handelt.

In den letzten Jahrzehnten wurde Holz als Hauptwerkstoff in der Bauwirtschaft durch **Substitutionsprodukte** aus Stahl, Beton und Kunststoff abgelöst. Die Substitutionsprodukte zeichnen sich durch Homogenität aus und bieten bessere Anpassungsmöglichkeiten an Formen und Dimensionen (z. B. Fensterrahmen), während der Werkstoff Holz hier an natürliche Grenzen stößt. Durch die Entwicklung und den verstärkten Einsatz von veredelten Produkten aus Holz, wie Brettschichtholzträger, sind jedoch auch technisch optimierte Halbfertigwaren aus Holz und Holznebenprodukten realisierbar und verfügbar.<sup>58</sup> Der Baustoff Holz erlebt seit einigen Jahren eine Renaissance, die durch die Kombination aus leistungsfähigen Holzwerkstoffen und innovativen Bauarten mit anderen Baustoffen konkurrieren kann.<sup>59</sup>

Denkbar sind stärkere **Marktverschiebungen in der Holzverwendung**, wenn sich die Verfügbarkeit von Holz infolge einer verstärkten heimischen thermischen Nutzung verschlechtert. Im Baubereich ist eine

---

56 Fornefeld, 2004

57 Vergleich zwischen Mrosek et al., 2005 und Fornefeld, 2004

58 vgl. Fornefeld, 2004

59 vgl. Holzabsatzfonds, 2004

verstärkte Konkurrenz der klassischen Massivholzprodukte durch veredelte Massivholzprodukte aber auch durch Holzwerkstoffe zu erwarten.<sup>60</sup> Aus Sicht der Rohstoffe hat sich Altholz aus Kostengründen als Substitutionsprodukt für Frischholz in vielen Holzwerkstoffen etabliert.<sup>61</sup> Der steigende Bedarf im energetischen Bedarf verursacht tendenziell steigende Preise der Rohstoffe.

Auch Holzprodukte müssen sich auf dem globalen Markt behaupten. Die **Dynamik des Marktes** wird neben der Entwicklung von innovativen Werkstoffen (z. B. Thermoholz) auch durch die intensive Nutzung von Schwach- und Restholz (energetische Verwendung von Holz) beeinflusst. Es ist zu erwarten, dass die Preise für Baumaterialien mittelfristig steigen; die Marktbedingungen unterstützen diesen Trend.

Es kann **zusammenfassend** festgehalten werden, dass ein großer Teil des in Deutschland genutzten Holzes im Neubau und in der Modernisierung (Altbausanierung) verwendet wird. Das heimische Holz und die daraus hergestellten Schnitthölzer und Holzwerkstoffe sind konkurrenzfähig. Holz hat einen festen Platz als Baumaterial und profitiert vom Trend zur Holzbauweise. Entscheidend für den Absatz ist die Bautätigkeit, die seit Mitte der 90er Jahre deutlich rückläufig ist. Der Ausbau und der Innenraumbereich zeigen steigenden Bedarf an Holzwerkstoffen. Im Hinblick auf die Nutzung von Holznebenprodukten wird auf den Markt „Verpackungen“ verwiesen.

Holzvorräte sind in Deutschland in ausreichendem Maße vorhanden, so dass der Bauindustrie heimisches Holz zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung steht. Der Absatz kann im Wesentlichen nur durch eine vermehrte Bautätigkeit gefördert werden. Die Entwicklung neuer Techniken im Bereich **Holzverbundwerkstoffe** sind förderwürdig im Hinblick auf die Herstellung preiswerter Massivholz-Ersatzprodukte. Ebenso sind hochfeste und individuell herstellbare Holzverbundwerkstoffe mit dem Zusatznutzen von Form- und Witterungsbeständigkeit förderwürdig.

---

60 vgl. Knauf, 2004

61 vgl. Erbreich, 2005

| Stärken  | Schwächen  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Im Baubereich ist Holz etabliert und bleibt durch technische, holzbiologische Weiterentwicklungen ein interessanter Werkstoff</li> <li>▪ Holz ist verfügbar, günstig und haltbar; Holz ist eine CO<sub>2</sub>-Senke und seine Verarbeitung zu Baustoffen ist vergleichsweise wenig energieintensiv</li> <li>▪ Holznebenprodukte finden Einzug in die Herstellung von Span-, MDF- und OSB-Platten; die Holzqualität selbst ist hierbei jedoch von untergeordneter Bedeutung. Die Verarbeitungstechnik ist hier dominant</li> <li>▪ WPC haben als Substitutionsprodukt für Massivholz Zukunftspotenzial</li> <li>▪ Holz hat unbestrittene ökologische und klimatische Vorzüge</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Im Außenbereich besteht ein Vorbehalt der Endkunden aufgrund des Pflegebedarfs von Holzwerkstoffen</li> <li>▪ Brandverhalten</li> <li>▪ Hygroskopisches Verhalten</li> <li>▪ Witterungsbeständigkeit, unterschiedliche Alterungsprozesse sowie Schallübertragung (Verbunddecken)</li> <li>▪ UV-Empfindlichkeit</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ In Deutschland besteht ein Trend zu Holz<br/>Holzhäuser liegen ebenfalls im Trend, sie sind und werden vom Rückgang in der Baubranche im Vergleich zu konventioneller Bauweise weniger stark betroffen</li> <li>▪ Die explosionsartige Preisentwicklung von Stahl und Energie für in der Herstellung energieintensive Baumaterialien begünstigt den Holzeinsatz</li> <li>▪ Holzverbundwerkstoffe haben maßgeschneiderte Eigenschaften und sind deshalb als hochfeste Trägerwerkstoffe gut geeignet</li> <li>▪ Hoher Renovierungs- und Sanierungsbedarf begünstigt die Nachfrage</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Bautätigkeit ist stark von der Eigenheimförderung abhängig</li> <li>▪ Insgesamt wird der Neubaubedarf wegen der demografischen Entwicklung schwächer ausfallen</li> </ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Holz als Baumaterial

## 4 Quellenverzeichnis

### Literatur

- Bundesvereinigung Bauwirtschaft: Bauwirtschaft im Geschäftsjahr 2003, Informationsmaterial 2003, S. 28
- Charta für Holz: Verstärkte Holznutzung. Zugunsten von Klima, Lebensqualität, Innovationen und Arbeitsplätzen, Hrsg. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), 2002
- Deimling, S.: Kommunikation umweltrelevanter Leitfaden für die Holzbranche, 2002
- Knauf, M./Frühwald, A.: Trendanalyse Zukunft Holz – Delphistudie zur Entwicklung der deutschen Holzindustrie. Knauf Consulting GbR, Zentrum Holzwirtschaft. Abschlussbericht, Oktober 2004
- EPLF (N. N.): Laminatbodenabsatz wächst weiter. In: material+technik möbel, Ausgabe 01/2006, S. 9–10
- Fornefeld, M.: Absatzpotenziale für heimische Produkte aus Nadelstarkholz auf den nationalen und internationalen Märkten. MICUS Management Consulting GmbH. Abschlussbericht, Januar 2004
- Frühwald, A.: Holz – Rohstoff der Zukunft: nachhaltig verfügbar und umweltgerecht. In: DGfH – Deutsche Gesellschaft für Holzforschung, ISSN: 0466-2114, München, September 2001, S. 30
- Hasch, J.: Ökologische Betrachtungen von Holzspan- und Holzfaserverplatten. In: Universität Hamburg, FB Biologie. Dissertation, Hamburg 2002
- Hasener, J.: Statistische Methoden der industriellen Prozessmodellierung zur Echtzeitqualitätskontrolle am Beispiel einer kontinuierlichen Produktion von Faserplatten. In: Universität Hamburg, FB Biologie. Dissertation, Hamburg 2004
- Holzabsatzfonds: Natürlich Holz. Die deutsche Holzwirtschaft – Zahlen und Fakten 2004. Umsätze nach Angaben der jeweiligen Verbände, 2004
- Holzabsatzfonds: Natürlich Holz. Checkheft für Bauherren. Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft (Hrsg.), 4. Auflage 2006
- Holzabsatzfonds: Branchenkenntwerte Forst und Holz in Deutschland. Mindmap, Version vom 15.02.2006 – v3, S. 1, 2006
- Holzbau: Einheimische Nutzhölzer und ihre Verwendung. In: Arbeitsgemeinschaft Holz e. V., Entwicklungsgemeinschaft Holzbau, EGH Schriftenreihe „Informationsdienst Holz“ (ISSN 0466-2114), Holzbau Handbuch, Reihe 4, Teil 2, Vollholz, Folge 2 (2. Auflage), Dezember 1998
- Kruse, K.: Eigenschaften und Einsatzpotenziale neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen. In: Universität Hamburg, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft. Dissertation, Hamburg 2001
- Mantau, U.: Vorlesungsfolien „Holzmärkte, Folgemärkte, Globalisierung“. 2004
- Mantau, U.: Holzeinsatz im Baubereich – Neubau und Modernisierung nach Marktsegmenten und Produktbereichen. Studie im Auftrag des Holzabsatzfonds, 2005
- Mrosek, T./Kies, U./Schulte, A.: Clusterstudie Forst und Holz Deutschland 2005. Holz-Zentrablatt, DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. KG, Nr. 85, 2005-11-04

- Schmitz, F./Polley, H./Hennig, P./Schwitzgebel, F./Kriebitzsch, W.-U.: Die zweite Bundeswaldinventur – BWI. Das Wichtigste in Kürze. In: Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV, Hrsg.), Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH), Bonn, 2004, S. 87
- Vogt, D./Karus, M./Ortmann, S./Schmidt, C./Gahle C./Pleh, A.: Wood-Plastic-Composites (WPC) – Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe Märkte in Nordamerika, Japan und Europa mit Schwerpunkt auf Deutschland – Technische Eigenschaften – Anwendungsgebiete Preise – Märkte – Akteure. nova-Institut, Hürth. Überarbeitete und ergänzte Auflage, Januar 2006
- ZDB – Zentralverband des Deutschen Baugewerbes: Aktuelle Lage und Entwicklung im Bauhauptgewerbe, Informationsmaterial, Stand Winter 2004
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle GmbH: ZMP-Marktbilanz Forst und Holz 2004. In: Forst und Holz (ISSN: 1436-0349), Bonn 2004

### **Websites**

- Bauzentrale: Pressemitteilung vom 07.10.2003, nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, [www.bauzentrale.com](http://www.bauzentrale.com)
- BDF – Bundesverband Deutscher Fertigungsbau (N. N.): Geschäftsbericht 2004, [www.bdf-ev.de](http://www.bdf-ev.de)
- EPF – European Panel Federation: [www.mdf-info.org/website\\_epf](http://www.mdf-info.org/website_epf)
- Infoholz (N. N.): Holz, gut positioniert am Modernisierungsmarkt.. Pressemitteilung 2002-10-02, [www.infoholz.de](http://www.infoholz.de)
- VHI – Verband der Holzwerkstoffindustrie e. V.: [www.vhi.de/holzwerkstoffe/haupt.htm](http://www.vhi.de/holzwerkstoffe/haupt.htm)

### **Einbezogene Unternehmen, Verbände und Institutionen**

- Dipl.-Holzwirt Markus Erbreich, Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, Interview 2005
- Herr Filippi, Holzabsatzfonds, Bonn, Interview im Februar 2006
- Herr Jastram, Firma Roggemann, Bremen, Interviews im März und Mai 2005

## B Dämmprodukte

### 1 Zusammenfassung

Der **Markt für Dämmprodukte** hat ein **Volumen von ca. 26 Mio. m<sup>3</sup>** mit einem Umsatz von ca. 1,3 Mrd. €. Das Marktvolumen aller Dämmstoffe ist aufgrund der rückläufigen Bauentwicklung in den letzten Jahren gesunken. Aufgrund der Notwendigkeit zur Energieeinsparung (EnEV) und dem Potenzial bei der Gebäudedämmung (Altbausanierung) ist der **Markt für Dämmprodukte** – insbesondere bei steigenden Energiepreisen – zukünftig dennoch **attraktiv**.

Mit einem Anteil von über 55 % **dominieren Dämmprodukte aus Mineral- und Glasfasern** den Markt, während fossile Dämmprodukte auf der Basis von Polyurethan-Schaum oder Polystyrol-Schaum 40 % Marktanteile besitzen. Der **Markt für Dämmprodukte** aus Mineral- und Glasfasern wird heute von **zwei Anbietern** dominiert. Für die Herstellung von Faserdämmprodukten sind neben synthetischen Werkstoffen auch **Nawaro** gut geeignet. Aufgrund ihres **hohen Rohstoffpreises** waren **Nawaro** mit einem **Anteil von 4 %** des Marktvolumens vertreten (Basis 2003), wobei Dämmprodukte aus Naturfasern (exklusive Zellulosefasern) einen Umsatz von ca. 88 Mio. € erreichten. Ohne Förderung sind Dämmprodukte aus Nawaro zwei- bis dreimal teurer als mineralische Dämmprodukte.

Hauptprodukte im Markt für Dämmprodukte **aus Nawaro** sind **Holzfaserdämmplatten** (48 %), **Zellulose** (32 %) und **Hanf- und Flachskurzfasern** in Form von **Vliesen** (9 %). Die Hälfte des Hanfrohstoffes kommt heute aus hiesiger Produktion, während Flachsfasern für die Herstellung von Dämmprodukten nahezu vollständig importiert werden.<sup>62</sup>

In der verbesserten Wärmedämmung von Altbauten liegt ein **erhebliches Energieeinsparungspotenzial durch Renovierung- und Sanierungsmaßnahmen**. In Deutschland sind 26 Mio. Wohneinheiten energetisch sanierungsbedürftig. Dies entspricht 160 Mio. m<sup>3</sup> Hohlräume, die

---

62 vgl. Förster, 2005

im Altbaubestand gedämmt werden müssen. Aufgrund der innenliegenden Luftschicht eignet sich die Einblastechnik besonders gut.

In Verbindung mit der Einblastechnik erscheint aus ökonomischer Sicht den Einsatz von Dämmprodukten ohne Förderung realistisch. Nawaro-Einblaswerkstoffe sind zurzeit nur ca. 20 % teurer als Mineraleinblasprodukte. In Anbetracht steigender Rohstoff- und Energiepreise können sich Dämmprodukte aus Nawaro bis 2010 mit einem Marktanteil von 10 % überproportional gut entwickeln.

Die Endverbraucher kaufen preisbewusst. Aufgrund der zusätzlichen Beantragung von Fördermitteln ist das reale PreisLeistungsverhältnis von Nawaro-Produkten beim Verbraucher noch nicht ausreichend bekannt. Die Förderung der Marktakzeptanz von Nawaro-Dämmprodukten über Verbraucheraufklärung ist zwingend erforderlich, um die Unsicherheiten der Verbraucher, etwa gegenüber Schimmelpilzbefall, auszuräumen.

| Kriterien  | Dämmprodukte  |
|--|---|
| Marktgröße in 2004 in D  | <ul style="list-style-type: none"> <li>88 Mio. € (42 Mio. € Holzdämmstoffe, 8 Mio. € Flachs und Hanf) von 1.300 Mio. €</li> </ul>   |
| Marktwachstum  | <ul style="list-style-type: none"> <li>bis 2010: 15 %</li> <li>bis 2020: wachsend</li> </ul>  |
| Absatz- und Einkommenspotenzial für dt. Land- u. Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>1.700 t Hanf und Flachs (2004)</li> <li>Umsatz: 1 Mio. € (600€/t) für Hanf und Flachs/2,3 Mio. € (47,5€/m<sup>3</sup> Rohholz) für Holz</li> <li>DB: 0,9 Mio. € für Hanf und Flachs und 0,8 Mio. € für Holz (825€/ha für Hanf und 138€/ha für Holz)</li> </ul> |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- u. Forstwirtschaft           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Anteil 2004: von den ca. 4 kt Hanf und Flachs aus Deutschland maximal 1,7 kt</li> <li>Besondere Eignung von heimischem Hanf und Flachs</li> <li>Bedrohung durch Importe von Kurzfasern</li> </ul>  |
| F&E Defizite   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Defizite bei der Reduzierung des Ernterisikos, Aufschluss und Weiterverarbeitung</li> </ul>  |
| Risiken  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Umwelteinflüsse beim Anbau</li> <li>Unklarheit bei der Förderung von Energiesparmaßnahmen</li> </ul>   |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energiebilanz: positiv</li> <li>CO<sub>2</sub>-Äquivalent: Reduktion</li> <li>Intensität Anbau: unkritisch</li> <li>Variabilität der Kulturen: niedrig</li> </ul>  |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Dämmprodukte



## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

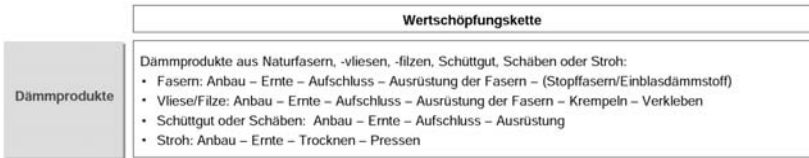


Abbildung: Wertschöpfungskette Dämmprodukte

Bei der Dämmung werden verschiedene **Verfahren** angewandt.

- Lose Fasern werden als „Stopfware“ verwendet, wobei die Problematik des „Setzens“ entsteht.
- Fasern werden eingeblasen.
- Holzweichfaser-, Vlies- und Filzplatten sowie Rollenware werden für den Zuschnitt verwendet. Eine Schlüsseltechnik ist hierbei die Verarbeitung von Vliesen und Filzen zu Dämmplatten.

Die Dämmtechniken sind im Wesentlichen ausgereift und der Einbau der Produkte ist bei entsprechendem Körperschutz nicht gesundheitsgefährdend. Dies gilt auch für den Einsatz der Einblastechnik, die im Bereich der Altbauanierung und Modernisierung gut geeignet ist. **F&E-Bedarf** besteht hinsichtlich der Ausrüstungen mit ökologischen Schutzmitteln gegen Brennbarkeit, Schimmel und Ungeziefer.

Vorliegende Studien bewerten Nawaro-Dämmprodukte in **ökologischer Hinsicht grundsätzlich positiv**:

- Nawaro-Dämmprodukte sind hinsichtlich ihrer Dämmeigenschaften denen konventioneller Materialien ebenbürtig.
- Bei der Herstellung erfordern sie gegenüber konventionellen Dämmprodukten einen geringeren Primärenergieaufwand.
- Die Zugabe von Bor-Verbindungen als Brandschutz ist aus ökologischer Sicht unproblematisch.<sup>63</sup>
- Nawaro-Dämmprodukte wirken feuchtigkeitsausgleichend und tragen damit zu einem höheren Wohnwert bei.

63 vgl. FAL, 1999

### Dämmprodukte aus heimischen Rohstoffen

|                     |             |                      |
|---------------------|-------------|----------------------|
| Flachsfaser (1)     | 350–600     | [MJ/m <sup>3</sup> ] |
| Schafwolle (2)      | 300         |                      |
| Holzwole, lose (3)  | 180–600     |                      |
| Holzweichfaser (4)  | 2.520–3.240 |                      |
| Holzwoleplatten (4) | 720–1.188   |                      |
| Zellulose (5,6)     | 198–277     |                      |

### Dämmprodukte aus Import-Rohstoffen

|               |             |
|---------------|-------------|
| Baumwolle (3) | 720         |
| Kork (4,5,6)  | 1.296–3.802 |
| Schilf (3)    | 540         |

### Konventionelle Dämmprodukte

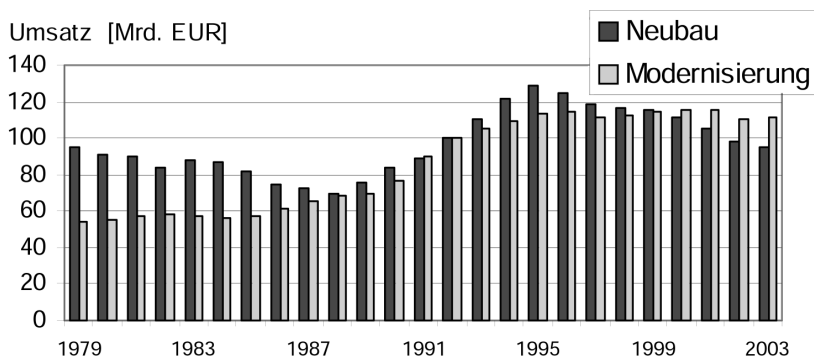
|                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| Glaswolle (3,4,5)                    | 600–2.520   |
| Steinwolle (3,4,5)                   | 1.667–2.520 |
| EPS (15–30 kg/m <sup>3</sup> ) (4,5) | 1.440–3.420 |
| PUR (3,4)                            | 2.700–4.788 |

1 Eigene Berechnungen (FAL), 2 Eigene Einschätzung, 3 Eicke-Hennig (1997),  
 4 Sörensen (1997), 5 Ceuterick (1993), 6 Göhler (1996)  
 Quelle: FAL, 1999

Abbildung: Primärenergieaufwand von Dämmprodukten im Vergleich

### 3 Analyse des Marktes

Das Marktvolumen aller **Dämmstoffe** ist aufgrund der rückläufigen Entwicklung im Bereich Neubau in den letzten Jahren gesunken. Im Jahr 1999 wurden 32 Mio. m<sup>3</sup> Dämmprodukte abgesetzt; im Jahr **2003** waren es **26 Mio. m<sup>3</sup>**. Auch im Jahr 2005 wurde ein mengenmäßiger Rückgang des Marktes für Dämmstoffe verzeichnet, der mit einem Minus von 3,1 % auf ca. 24,5 Millionen m<sup>3</sup> jedoch schwächer ausfällt als 2004 (-4,34 %). Wie eine aktuelle Studie zeigt, sollte jetzt der Tiefpunkt erreicht sein.<sup>64</sup> In den kommenden Jahren wird wieder ein leichtes Marktwachstum erwartet; Absatzsteigerungen werden erst ab 2008 erwartet.



Quelle: Mantau, 2004

Abbildung: Entwicklung des Bauvolumens in den Bereichen Neubau und Modernisierung gemäß den Preisen von 1995

Der mengenmäßige Rückgang im Markt für Dämmprodukte wurde von den Unternehmen durch Preiserhöhungen kompensiert. Steigende Energiekosten und Rohstoffpreise sorgten zusätzlich für Preiserhöhungen von Dämmprodukten, nachdem die Dämmstoffpreise bis 2003 beinahe 15 Jahre konstant geblieben waren.<sup>65</sup> Die Förderungen des Markt-

64 vgl. IC MARKET FORECAST, 2006

65 vgl. IC MARKET FORECAST, 2006

einführungsprogramms der FNR wird den Anteil von Dämmprodukten aus Nawaro beträchtlich steigern.<sup>66</sup> Bezogen auf den Gesamtmarkt für die Periode 1999 bis 2003 stieg der Marktanteil von Dämmprodukten aus Nawaro nur von 1 % auf 4 %.

Hauptprodukte im Dämmstoffmarkt sind nach wie vor Dämmprodukte aus Mineral- und Glasfasern. Mit einem Anteil von über 55 % dominieren Dämmprodukte aus Mineral- und Glasfasern den Markt, gefolgt von den fossilen Dämmstoffen mit ca. 40 % Marktanteil (Basis 2003). Dämmprodukte aus Nawaro waren mit einem Anteil von 4 % des Marktvolumens vertreten (Basis 2003), wobei Dämmprodukte aus Naturfasern (exklusive Zellulosefasern) einen Umsatz von ca. 88 Mio. € erreichten. Der Markt für Nawaro-Dämmprodukte wird dominiert von Holz- und Zellulose-basierten Produkten, gefolgt von Faserwerkstoffen aus Hanf, Flachs, Kokos, Cotton und Schafwolle.<sup>67</sup> Die Hälfte des Hanfrohstoffes kommt heute aus hiesiger Produktion, während Flachsfasern für die Herstellung von Dämmprodukten nahezu vollständig importiert werden.<sup>68</sup>

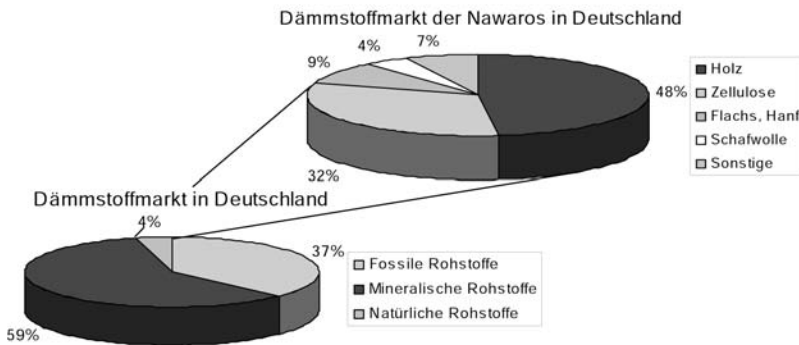


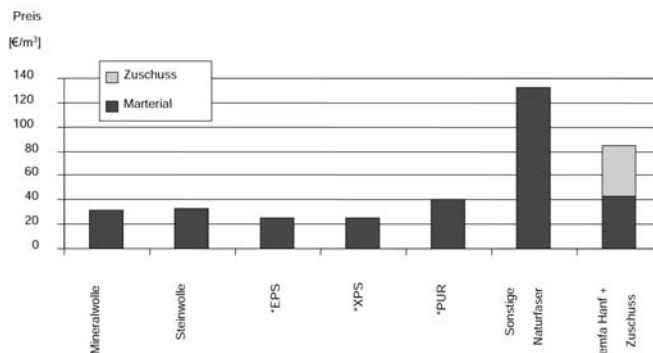
Abbildung: Markt für Dämmprodukte in Deutschland im Jahr 2003, Quelle: Stelter, 2003

66 vgl. IC MARKET FORECAST, 2006

67 vgl. FAL, 1999

68 vgl. Förster, 2005

Der Preis der Dämmprodukte ist das entscheidende Kriterium für die Wahl von Dämmprodukten. Dämmprodukte mit mineralischen Rohstoffen sind die kostengünstigsten Produkte am Markt, deren Preis mit 25 bis 40 €/m<sup>3</sup> angesetzt wird. Aufgrund ihres hohen Marktanteils werden die Preise von synthetischen Dämmprodukten als Preisreferenz genommen. Die Preise für Dämmprodukte aus Nawaro sind derzeit höher als für konventionelle Mineral- oder Glasfasern sowie Schäume. Ohne Förderung sind Dämmprodukte aus Nawaro zwei bis dreimal teurer als mineralische Dämmprodukte. Die Rohstoffkosten für Nawaro-Dämmprodukte liegen in der Größenordnung der Preise für Endprodukte aus Mineralfasern.



\* EPS: Expandierter Polystyrolschaum; XPS: Extrudierter Polystyrol-Schaum;  
PUR: Polyurethan-Schaum; Quelle: EMFA, 2003

Abbildung: Preisvergleich von Dämmprodukten im Jahr 2003

Während die Bautätigkeit „Neubauten“ zurückgeht, wächst die Bedeutung anderer Bereiche, wie z. B. der Bereich „Bauen im Bestand“ und vor allem der Bereich Altbausanierung. Aufgrund der stark gestiegenen Öl- und Gaspreise ist die nachträgliche Dämmung von Altbauten energetisch attraktiv, da sich mit vergleichsweise wenig Aufwand erhebliche Wärmeverluste vermeiden lassen. So kann hier mit einem Sanierungsauf-

wand in Höhe von beispielsweise ca. 5.000 € eine Energieeinsparung von ca. 900 €/a erzielt werden.<sup>69</sup>

Der Wohnungsbestand in Deutschland umfasste 2003 insgesamt ca. 37 Mio. Wohnungen, von denen rund 60 % zwischen 1949 und 1990 errichtet wurden.<sup>70</sup> In Deutschland sind **26 Mio. Wohneinheiten energetisch sanierungsbedürftig**. Dies entspricht 160 Mio. m<sup>3</sup> Hohlräume, die im Altbaubestand gedämmt werden müssen. Aufgrund der innenliegenden Luftschicht eignet sich die Einblastechnik besonders gut.

In Verbindung mit der **Einblastechnik** erscheint aus ökonomischer Sicht den Einsatz von Dämmprodukten ohne Förderung realistisch. Der Preis von Einblaswerkstoffen kann bis ca. 150 €/m<sup>3</sup> liegen. Trotz ihrem hohen Preis im Vergleich zu anderen Dämmprodukten werden Einblaswerkstoffe für Altbausanierung aufgrund einer einfachen Einbringung als Dämmung in zweischaligem Mauerwerk bevorzugt verwendet. Nawaro-Einblaswerkstoffe sind zurzeit ca. 20 % teurer als Mineraleinblasprodukte. Aufgrund des **niedrigeren Preisunterschieds** können vielleicht an dieser Stelle die technischen **Vorteile von Nawaro-Einblaswerkstoffen** im Vergleich zu synthetischen Einblaswerkstoffen zur Geltung kommen.

Dämmprodukte aus Nawaro bieten grundsätzlich den **Vorteil, Feuchtigkeit** nicht nur an der Oberfläche, sondern im Gesamtvolumen des Konstruktes **zu binden**. Deshalb können Nawaro-Dämmprodukte auch in direktem Kontakt mit Holz verarbeitet werden. Bei Einsatz von mineralischen Dämmprodukten werden häufig Dampfsperren verwendet, um Feuchtigkeitsnester zu vermeiden. Die zusätzlichen Material- und Verlegungskosten für die Verwendung der Dampfsperren müssen in diesem Fall in der Gesamtkostenkalkulation berücksichtigt werden.

Zusätzlich zeigten beim Einbau getestete Dämmprodukte aus **Nawaro** im Vergleich zu Dämmstoffen mit Glasfasern **angenehme Eigenschaften**, wie eine **niedrige Staubintensivität oder Hautirritation**, auf und erwiesen sich als flexible Dämmprodukte für die Zwischensparrendämmung.<sup>71</sup>

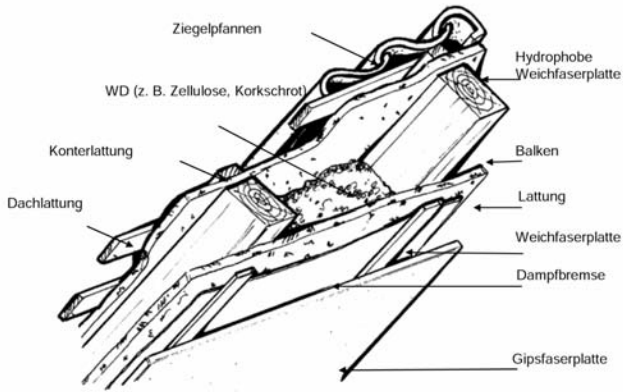
In Anbetracht steigender Rohstoff- und Energiepreise, die sowohl die Preise synthetischer Dämmprodukte als auch den Modernisierungs- und Renovierungsbedarf insbesondere in der Altbausanierung erhöhen, ist zu

---

69 vgl. Feischen, 2005

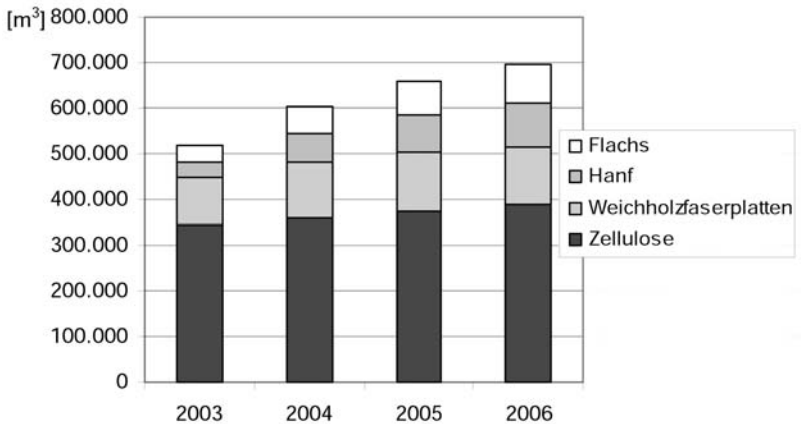
70 vgl. Fornefeld, 2004

71 vgl. Stiftung Warentest, 2005



Quelle: KNR, 2004

Abbildung: Beispiel einer Dachdämmung



Quelle: ADNR, 2005

Abbildung: Geschätzte Marktentwicklung für Dämmprodukte aus Nawaro in Deutschland bis 2006

erwarten, dass sich im Zeitraum von **2002 bis 2012** der **Markt für Nawaro-Dämmprodukte vervierfacht**.

Zurzeit ist die **Wettbewerbssituation** für Dämmprodukte aus Nawaro aufgrund der hohen Preisdiskrepanz schwierig. Derzeit wird der Markt für Dämmprodukte von zwei Herstellern von klassischen Dämmprodukten aus Mineral- und Glasfasern dominiert. Nawaro-Dämmprodukte sind in Baumärkten unterrepräsentiert. Zudem verhalten sich die Verbraucher hinsichtlich der Verwendung von Dämmprodukte konservativ,<sup>72</sup> woraus ein weiterer Vorteil für mineralische Dämmungen resultiert. Eine Förderung der Marktakzeptanz von Nawaro-Dämmprodukten über Verbraucheraufklärung durch Veröffentlichungen und Messebeteiligungen ist daher zwingend erforderlich, um die Unsicherheiten der Verbraucher, z. B. gegenüber Schimmelpilzbefall, auszuräumen.

**Nawaro-Dämmprodukte** werden heute in Deutschland von ca. **40 kleinen Unternehmen** angeboten. Es wird geschätzt, dass 20 % dieser Unternehmen Produkte aus Naturfasern anbieten.<sup>73</sup> Aufgrund ihrer geringen Größe ist die Verhandlungsmacht gegenüber den Faseraufbereitern gering. Die Betriebe beziehen die Rohstoffe bei Faseraufbereitern.<sup>74</sup>

**Hauptabnehmer** von Dämmprodukten sind Baumärkte und der Bauhandel, die sich aufgrund der rückläufigen Baukonjunktur selbst unter einem hohen Konkurrenzdruck befinden, der über die Preisgestaltung ausgetragen wird. Die Marktmacht der Abnehmer gegenüber den Dämmstoffherstellern ist groß, da sie häufig in Einkaufsverbänden zusammengeschlossen sind oder es sich um Baumarktketten handelt. Die **Endverbraucher** besitzen durch die hohe Anzahl an Anbietern, wie z. B. Baumärkte, eine hohe Preistransparenz und kaufen preisbewusst. Aufgrund der zusätzlichen Beantragung von Fördermitteln ist das reale Preisleistungsverhältnis von Nawaro-Produkten beim Verbraucher noch nicht ausreichend bekannt. Ein entsprechendes flächendeckendes Angebot gibt es bis heute nicht.

Nawaro-Dämmprodukte erobern derzeit Marktanteile von konventionellen Dämmprodukten und sind damit selbst **Substitutionsprodukte**.

---

72 Feischen, 2005

73 Förster, 2005

74 Hemp, 2005



Die funktionale Ähnlichkeit von Mineralfaser-Dämmprodukten und Nawaro-Dämmprodukten (z. B. vergleichbare Wärmeleitfähigkeiten) erschwert die Vermittlung von Zusatznutzen (z. B. temperaturnausgleichende Wirkung, d. h. sommerlicher Wärmeschutz) gegenüber dem Verbraucher.

Der Markt für Dämmprodukte unterliegt den folgenden **Rahmenbedingungen**:

- Im aktuellen Förderprogramm sind Dämmprodukte aus Flachs, Hanf, Schafwolle, Getreidegranulat oder Wiesengras abgestuft förderfähig in Höhe von 25 €/m<sup>3</sup> bis zu 35 €/m<sup>3</sup>.
- Cotton liegt mit ca. 180 €/m<sup>3</sup> (dichte Packung (Ballen)) und Wolle mit ca. 750 €/m<sup>3</sup> (dichte Packung (Ballen)) außerhalb einer förderungsabhängigen Markteinführung.
- Angaben zu Cellulose und Viskose vgl. Kapitel „Textilmarkt“.

Hieraus ergeben sich folgende **Konsequenzen**:

- Im direkten Preisvergleich können Dämmprodukte aus Nawarofasern ohne Förderung nicht mit konventionellen Dämmprodukten konkurrieren.
- Durch die Förderung wächst die Produktionsmenge, was über Skaleneffekte zu einer gewissen Kostensenkung in der Produktion führen kann.
- Für Produktentwicklungen besteht kein F&E-Bedarf.
- Markteintrittsprogramme sind nötig. Der Schlüssel für die Wettbewerbsfähigkeit von Nawaro-Dämmprodukten liegt in der Verbraucheraufklärung über die wohnphysikalischen Eigenschaften und dem damit verbundenen höheren Wohnwert (Zusatznutzen).
- Der im Hinblick auf das Wohngefühl nur subjektiv zu bewertende Zusatznutzen wird allerdings durch Zusatzrisiken wie Anfälligkeit für Schimmelpilzbefall und durch den höheren Preis relativiert.

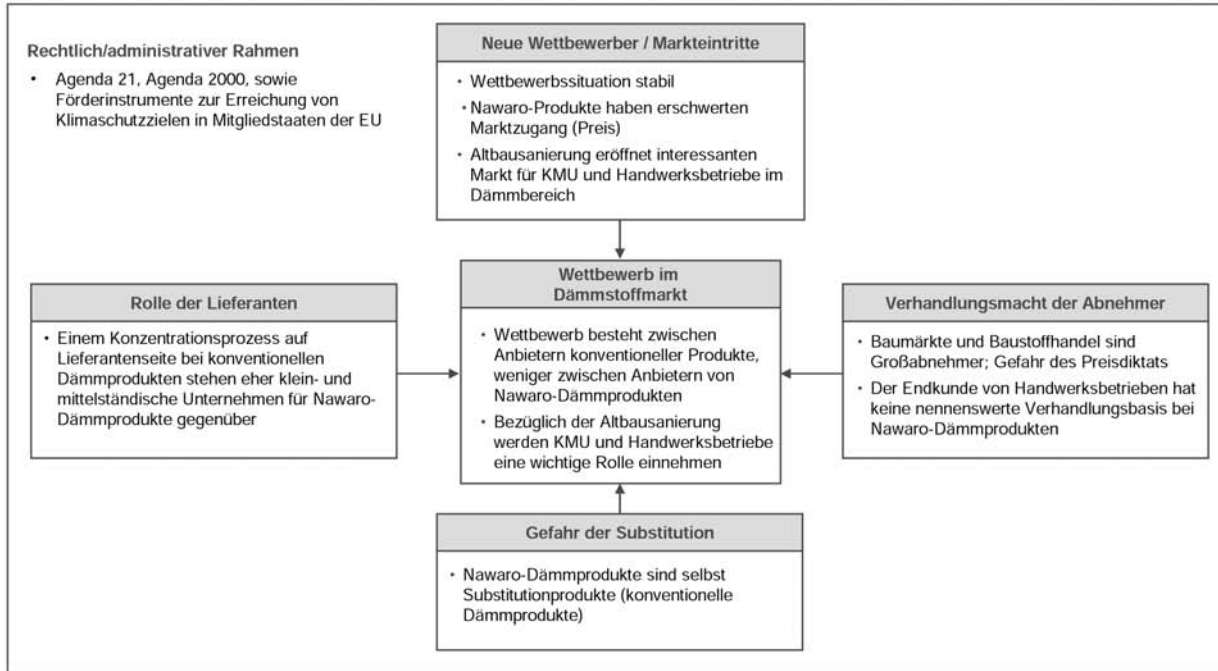


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im deutschen Markt für Dämmprodukte

| Stärken  | Schwächen   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nawaro-Dämmprodukte besitzen klimatechnische Vorteile hinsichtlich Feuchtigkeitsregulierung und Wärmespeicherung</li> <li>▪ Die Dämmprodukte sind mit geringem Energieaufwand herstellbar und sind gesundheitlich unbedenklich</li> <li>▪ Die Dämmprodukte erlauben aufgrund ihres Feuchtigkeitsaufnahmevermögens den unmittelbaren Kontakt mit Holz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dämmprodukte aus Naturfasern sind hinsichtlich der Rohstoff- und Herstellungskosten zurzeit ohne finanzielle Förderung preislich nicht konkurrenzfähig</li> <li>▪ Der Einbau von Nawaro-Dämmprodukten erfordert geeignete Wand- und Dachkonstruktionen (Hinterlüftung)<br/>Erdkontakt nicht zulässig</li> <li>▪ Brandschutzausrüstung nur über chemische Ausrüstung möglich</li> </ul> |
| Chancen  | Risiken   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nawaro-Dämmprodukte eignen sich für die Altbaumodernisierung, diese besitzt ein besonders hohes Energieeinsparungspotenzial</li> <li>▪ Die Zukunft liegt in der Einblastechnik von losen Nawaro-Dämmprodukten</li> <li>▪ Lose Nawaro-Dämmprodukte sind zur Zeit ca. 20 % preiswerter als Konkurrenzprodukte aus Nawaro-Dämmvliesen</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nawaro-Dämmprodukte aus Naturfasern konkurrieren mit Dämmprodukten auf der Basis von Zellulose, ggf. Altpapier</li> <li>▪ Sie haben wie jeder Naturstoff allergenes Potential</li> <li>▪ Verbreitung abhängig von der Intensität von Markteinführungsprogrammen</li> </ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Nawaro als Rohstoffe für Dämmprodukte

**Zusammenfassend** kann festgehalten werden:

- Nawaro-Dämmprodukte besitzen klimatechnische und gesundheitliche Vorteile gegenüber konventionellen Materialien, sie sind allerdings noch teurer.
- Einblaswerkstoffe eignen sich gut für die wärmetechnische Sanierung von Altbauten, ein Markt mit hohem Energieeinsparungspotenzial.
- Die Einblastechnik von losen Nawaro-Dämmprodukten ist konkurrenzfähig im Vergleich zum Mineralfasereinbau.
- Nawaro erhöhen aufgrund ihrer Natürlichkeit das positive Wohngefühl entsprechend sensibilisierter Kunden.

**Schlussfolgerungen:**

- Wärmedämmmaßnahmen bei der Altbausanierung bewirken langfristige Energieeinsparungen und sind daher besonders sinnvoll. Mit Hilfe der augenblicklichen Förderung der Nawaro-Dämmprodukte können deren Produktvorteile im Hinblick auf den Zusatznutzen kommuniziert werden.
- Eine Förderung der Entwicklung kostengünstigerer Herstellungsverfahren, abgestimmt auf den Einsatz in der Altbausanierung, sollte überdacht werden.

**4 Quellenverzeichnis**

**Literatur**

FAL – Landbauforschung Völkenrode (versch. Autoren): Möglichkeiten und Chancen von heimischen nachwachsenden Rohstoffen zur Nutzung als Dämm-Material. Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für landwirtschaftliche Bauforschung und Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der FAL, (ISBN 3-933140-25-0) Sonderheft 203, Braunschweig 1999

Fornefeld, M.: Absatzpotenziale für heimische Produkte aus Nadelstarkholz auf den nationalen und internationalen Märkten. MICUS Management Consulting GmbH. Abschlussbericht, Januar 2004

IC MARKET FORECAST®: Dämmstoffe in Deutschland. InterConnection Consulting Group Zusammenfassung, Internet Ressource, Stand 2006/04

KNR – Kompetenzzentrum Bauen mit Nachwachsenden Rohstoffen (N. N.): Dachausbau mit nachwachsenden Rohstoffen, S. 20, Broschüren 2004

Wärmedämmstoffe – „Hoher Ölpreis – na und?“. In: Test / Stiftung Warentest, (ISSN 0040-3946), Oktober (2005), Ausgabe 10, S. 62–67

### **Websites**

ADNR – Arbeitsgemeinschaft für Dämmstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen e. V.:

Bildmaterial der Website [www.adnr.info/markt.htm](http://www.adnr.info/markt.htm), Stand April 2005

EMFA: Pressemitteilung „Förderung emfa Hanf“ vom 07.10.2003,  
[www.emfa.de](http://www.emfa.de)

Mantau, U.: Vorlesungsfolien „Holzmärkte, Folgemärkte, Globalisierung“,  
[www.rrz.uni-hamburg.de/holz](http://www.rrz.uni-hamburg.de/holz), 2004

Stelter, W.: Das Markteinführungsprogramm – Dämmstoffe aus Naturfasern. In: Verein zur Förderung des Anbaus und der Verwertung von Hanf, Landwirtschaftskammer NRW, Landwirtschaftszentrum Haus Düsse (Veranstaltung): Vortrag zum Workshop „9. NRW Hanftag“ (Landwirtschaftszentrum Haus Düsse 2003-10-21), [www.duesse.de/znr/veranstaltungen/hanftag\\_2003/stelter.pdf](http://www.duesse.de/znr/veranstaltungen/hanftag_2003/stelter.pdf)

### **Einbezogene Unternehmen, Verbände und Institutionen**

Herr Feischen, Firma Poesis Dämmsysteme, Interview April 2005

Herr Förster, ADNR, Interview Mai 2005

Herr Hemp, Kompetenzzentrum Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen, Münster,  
Auskunft Mai 2005

## C Möbel

### 1 Zusammenfassung

Die deutsche Möbelindustrie ist weitgehend mittelständisch geprägt. Gesättigte Märkte, teilweise rückläufige Umsätze und wachsende Importe haben die deutschen Möbelhersteller verstärkt unter Druck gesetzt. Überkapazitäten haben in einigen Marktsegmenten zu einem Preisverfall geführt. Die Massenproduktion von Möbeln wurde in den vergangenen Jahren überwiegend nach Osteuropa und Asien verlagert. Hochwertige und innovative Möbel(-Systeme) aus deutscher Produktion sind hingegen international konkurrenzfähig und werden exportiert.

Im Jahr 2004 betrug der **Umsatz** der deutschen Möbelindustrie **16,9 Mrd. €**, wovon 3,5 Mrd. € auf Küchenmöbel entfielen.<sup>75</sup> In den letzten Jahren wurde eine rückläufige Entwicklung in allen Marktsegmenten beobachtet. Besonders für die Periode 2001 bis 2003 ist ein starker Rücklauf des gesamten Marktumsatzes zu verzeichnen. 2004 konnte die Abwärtstendenz in Deutschland abgeschwächt werden. Seit 2005 werden positive Trends und Umsatzsteigerungen festgestellt.<sup>76</sup> Der **Anteil von Holzmöbeln** aus deutscher Produktion lag mit 9,8 Mrd. € bei **ca. 50 %** des Gesamtumsatzes.<sup>77</sup> Andere Nawaro, z. B. Vliese in Polstern, spielten nur eine untergeordnete Rolle.

Holz aus deutschen Wäldern und Spanplatten aus deutscher Produktion werden zu ca. 10 %<sup>78</sup> und zu ca. 50 %<sup>79</sup> in der deutschen Möbelindustrie verarbeitet. Im Möbelbau wurden 2003 ca. **1,3 Mio. m<sup>3</sup> Nadelschnittholz** und **0,4 Mio. m<sup>3</sup> Laubschnittholz** verwendet. Die verwendete Menge Spanplatten betrug ca. 4,2 Mio. m<sup>3</sup>. Auch der Nicht-Massivholzbereich wird aus heimischen Rohstoffen versorgt.

Innovative Fertigungstechniken für Möbel(-Systeme) könnten sich zukünftig positiv auf die heimische Holznutzung infolge eines erhöhten

---

75 vgl. HDH, 2004

76 vgl. IG Metall, 2004

77 vgl. Eigene Berechnung nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, 2005

78 vgl. Mantau 2005

79 vgl. Mantau 2004

Holznebenproduktbedarfs auswirken (z. B. WPC). Sowohl die Möbelindustrie als auch der Möbelhandel befinden sich in einer Konsolidierungsphase.<sup>80</sup> Die Möbelindustrie, und damit die Verwendung bestimmter Möbelwerkstoffe, ist stark von Konsumententrends abhängig. Massivholz hat sich im Wohnbereich etabliert und wird durch aktuelle modische Trends gestützt. Die Kombination von preiswerten Möbeln mit individuellen Designwünschen hat Zukunft.

| Möbel                    |   |
|--------------------------|---|
| <b>Nawaro Marktgröße</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 9,8 Mrd. € (Produktion in Deutschland 2003)</li> </ul>   |
| <b>Marktwachstum</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2010: - 3 % p.a.</li> <li>• 2020: rückläufig</li> </ul>  |
| <b>Treiber</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Nischenmärkte für exklusive, hochpreisige Möbel</li> <li>+ Hochautomatisierte Fertigung von kundenindividuellen Produkten (z. B. Küchenmöbel)</li> <li>+ Verkürzung der Lebenszyklen (frühzeitige Substitution)</li> <li>+ Günstiges Verhältnis von Masse und Tragfähigkeit, Trend zu Leichtbaumöbeln</li> <li>+ Trend zum »Cocooning«</li> <li>- Hoher Rohstoffkostenanteil</li> <li>- Preisdruck bei Massenmöbeln durch osteuropäische und asiatische Konkurrenz</li> <li>- Verbraucher ist mit Grundausstattung versorgt</li> </ul> |

Abbildung: Übersicht über den Möbelmarkt

80 vgl. G+J-Küchen, 2004

| Kriterien  | Möbel (gesamt)   | Küchenmöbel  |
|--|--|--|
| Marktgröße in 2004 in D  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 9,8 Mrd. € (aus Deutschland 2003)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2,5 Mrd. € aus Holz (aus Deutschland 2003)</li> </ul>   |
| Marktwachstum  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: - 3 %</li> <li>• bis 2020: rückläufig</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2010: - 4 %</li> <li>• bis 2020: rückläufig</li> </ul>  |
| Absatz- und Einkommenspotenzial für dt. Land- u. Forstwirtschaft | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 9,9 Mio. m<sup>3</sup> Rohholz (2003)</li> <li>• Umsatz: 545 Mio. € (55 €/m<sup>3</sup>)</li> <li>• DB: 226 Mio. € (162 €/ha)</li> </ul>  |  |
| Wettbewerbsfähigkeit deutsche Land- u. Forstwirtschaft           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Möbelbau werden verschiedene Holzsorten verwendet</li> <li>• Span- und Faserplatten aus heimischem Wald und heimischer Produktion sind wettbewerbsfähig</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Nachfrage nach deutschen Küchenmöbeln führt zu verstärktem Bedarf an dimensionsstabilen Faserplatten</li> </ul> |
| F&E Defizite   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• WPC-Möbel als Spritzgusssubstitut</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung von Leichtbauarbeitsplatten</li> </ul>  |
| Risiken  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demografische Entwicklung</li> <li>• Verlagerung von späten Fertigungsstufen ins Ausland</li> <li>• Holzsorten unterliegen ggf. Mode</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlagerung der Küchenfertigungstechnik ins Ausland</li> </ul>  |
| Nachhaltige Rohstoff- und Energiebereitstellung                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Holz ist eine CO<sub>2</sub> -Senke</li> <li>• Intensität Anbau: unkritisch</li> <li>• Variabilität der Kulturen: hoch</li> <li>• FB: 1,4 Mio. ha (7,1 m<sup>3</sup>/ha)</li> </ul> |  |

Abbildung: Marktkriterien und ihre Ausprägung im Bereich Möbel



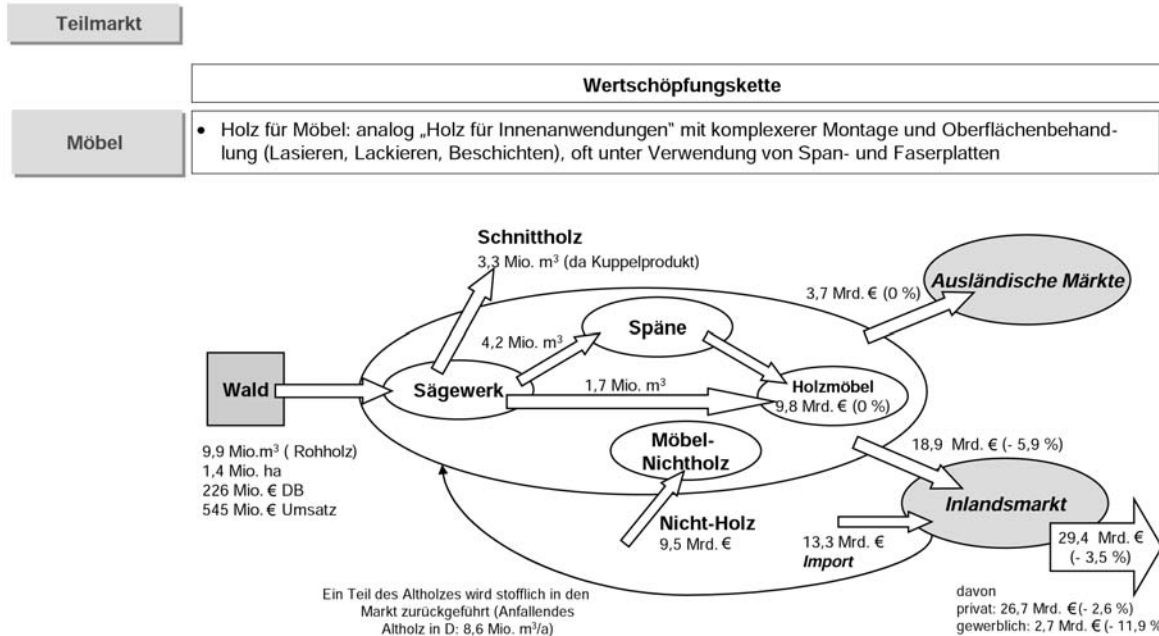
## 2 Produkte und Wertschöpfungsketten

Möbel werden aus Vollholz oder (furnierten) Span- und Faserplatten mit **etablierten Fertigungstechniken** hergestellt. Hierbei können innovative Entwicklungen, z. B. einteilige Kastenkonstruktionen, ausgeführt als WPC-Bauteil, den Möbelbau befruchten. Der Masseanteil des Rohstoffes Holz im Spanplattenbereich ist im Vergleich zu den Bindematerialien (Leim, Harz) hoch, so dass eine durch die Herstellung der Holzverbundwerkstoffe bedingte **Umweltbelastung** als **gering** eingeschätzt wird.<sup>81</sup>

**Holzwerkstoffe** wie Span-, OSB- und MDF-Platten werden aus Holzspänen, -chips oder -fasern hergestellt, die mit geringen Leimanteilen zu einem homogenen Werkstoff verpresst werden.

---

81 vgl. Hasch, 2002

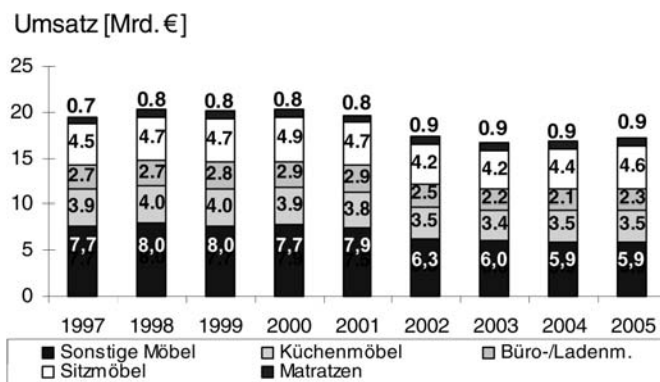


Die Prozentangaben in () geben die Veränderung im Vergleich zum Vorjahr an, Bezugjahr 2003

Abbildung: Wertschöpfungsketten Möbelherstellung

### 3 Analyse des Marktes

Der **Umsatz der Möbelindustrie** betrug im Jahr 2004 ca. **16,9 Mrd. €** (+1 % gg. Vorjahr) ohne branchenfremde Anteile (z. B. Fahrzeugsitze) bzw. ca. 20,1 Mrd. € mit branchenfremden Anteilen. Das Auslandsgeschäft deutscher Möbel gewann deutlich an Bedeutung. Auf dem ausländischen Markt setzte die deutsche Möbelindustrie im Jahr 2004 ca. 5,3 Mrd. € um.<sup>82</sup> Der Umsatz besteht zu zwei Dritteln aus den Segmenten Sitzmöbel und Küchenmöbel sowie Büro- und Ladenmöbel. Ca.50 % des Umsatzes wird mit Holzmöbeln erzielt.<sup>83</sup>



Quelle: HDH/VDM, Statistisches Bundesamt

Abbildung: Bereinigter Umsatz der Möbelindustrie in Deutschland (1997–2003)

Aufgrund von Überkapazitäten und eines erheblichen Importdrucks von Massenmöbeln aus Osteuropa und Asien wurde in den letzten Jahren eine rückläufige Entwicklung in allen Marktsegmenten beobachtet.<sup>84</sup> Die Preise (ver-)fielen. Der Verdrängungswettbewerb traf vor allem die KMU. Es gab Indizien für eine „Krisenhafte Entwicklung“ und es wurde von „Textilen Verhältnissen“ gesprochen.<sup>85</sup>

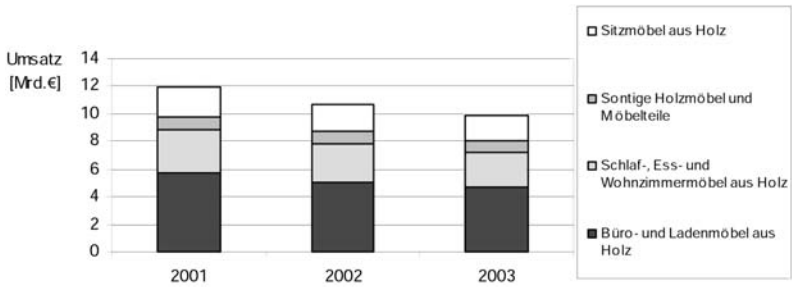
82 vgl. HDH, 2005

83 Eigene Berechnung nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, Zahlen für 2004

84 vgl. Rhode, 2001

85 vgl. Knauf, 2003

2004 konnte der **Abwärtstrend abgeschwächt** werden. Der Gesamtumsatz in Deutschland wurde um 1,4 % erhöht.<sup>86</sup> Auch 2005 konnten die meisten Teilbranchen der deutschen Möbelindustrie einen **Umsatzzuwachs** realisieren. Der bereinigte Gesamtumsatz stieg im Jahr 2005 um 1,9 % auf 17,2 Mrd. €. Die realisierten Umsatzsteigerungen sind im Wesentlichen auf die positive Entwicklung der Auslandsgeschäfte zurückzuführen. Die um branchenfremde Anteile (z. B. Kraftfahrzeug- und Flugzeugsitze) bereinigte Exportquote betrug im Jahr 2005 32,4 % und hat sich somit in den letzten zehn Jahren mehr als verdoppelt. Die positive konjunkturelle Entwicklung in Osteuropa und in Nordamerika trug ebenfalls zum guten Ergebnis bei. Die deutschen Möbelimporte 2005 beliefen sich auf rund 6,8 Mrd. €. Im Vergleich zum Vorjahr erhöhte sich der Importwert moderat um 1,3 %. Osteuropa bleibt mit einem rückläufigen Importvolumen von 2,95 Mrd. € die nach wie vor wichtigste Herkunftsregion von Importmöbeln. Gleichzeitig stiegen die Importe aus China, insbesondere im unteren Preissegment, um insgesamt 35,8 % auf 644 Mio. €. Das Außenhandelsdefizit ging 2005 entsprechend um 15 % auf 1,2 Mrd. € zurück. Für das **Jahr 2006** ist mit ähnlichen Zuwachsraten wie im Vorjahr zu rechnen. Es wird eine **Fortsetzung der positiven Trends und eine weitere Umsatzsteigerung** erwartet.<sup>87</sup>



\* 2001 ohne Schulsitzmöbel und gepolsterte Sitzmöbel. Unter sonstige Möbel wurden Garten-, Schul-, Badezimmer- Garderoben- und Laboratorienmöbel zusammengefasst.

Quelle: Eigene Auswertung nach Angaben des Statistischen Bundesamtes

Abbildung: Umsatz der Holzmöbelindustrie

86 vgl. HDH, 2005

87 vgl. VDM, 2006

Die folgenden **Trends** sind im Möbelmarkt auszumachen:<sup>88</sup>

- Die flexible Fertigung nimmt zu. So werden zukünftig zunehmend Maschinen mit einer hohen Fertigungstiefe arbeiten, die in einer flexiblen Organisation auftragsbezogen eingesetzt werden (z. B. Direktbeschichtung oder Drucktechnik).
- Die Bedrohung der Produktionsverlagerungen nach Osteuropa hält an, insbesondere für Massenmöbel.
- Multiplexplatten werden im Möbel- und Regalbau zunehmend eingesetzt.
- Die mittleren Preis- und Qualitätssegmente werden weiterhin deutlich schrumpfen („Tote Mitte“). Profitieren werden hiervon die Discount- und Hochwertbereiche („Individualisierung“).
- Die nachgefragten Holzarten unterliegen modischen Trends.
- Die in Deutschland verarbeiteten Rohstoffe stammen auch aus Deutschland.
- Hohe Personalkosten belasten die Produktion am deutschen Standort.

Überkapazitäten sowie ein enormer Preisdruck kennzeichnen zwar auch die Situation im Handel mit **Küchenmöbeln**, dennoch konnte sich im ersten Quartal 2004 der Küchenmöbelumsatz **deutlich vom negativen Branchentrend abkoppeln**. Für das Gesamtamtjahr 2004 wurde infolge eines deutlichen Wachstums beim Export mit einem leichten Plus gerechnet.<sup>89</sup> Der Umsatz der deutschen Küchenmöbelindustrie erreichte 2004 ca. 3,5 Mrd. €. <sup>90</sup> Aufgrund der rückläufigen inländischen Umsätze (-6,1 % gg. Vorjahr) spielt die Nachfrage aus dem Ausland (+4,5 % gg. Vorjahr) mit 35 % Umsatzanteil eine immer wichtige Rolle. Die westeuropäischen Nachbarländer sind nach wie vor die wichtigsten Abnehmer von deutschen Küchenmöbeln. Importe spielen hingegen eine vergleichsweise geringe Rolle.

Der zunehmende Stellenwert des „gelebten“ Wohnens wirkt sich auch auf den Markt für Küchenmöbel **positiv** aus. Behaglichkeit und Atmosphäre werden dabei in den Vordergrund rücken. So wird die Küche zukünftig wieder verstärkt als Treffpunkt und Ort der Kommunikation eine Rolle spielen.

---

88 vgl. Knauf, 2003

89 vgl. HDH, 2005

90 vgl. G+J-Küchen, 2004

Die **Möbelbranche** ist **mittelständisch** geprägt. Die Branche bestand im Jahre 2004 aus 1.200 Unternehmen, die durchschnittlich 94 Mitarbeiter beschäftigten und einen Umsatz von 17 Mio. € erwirtschafteten.<sup>91</sup> Der **Wettbewerb** hat sich in den vergangenen Jahren für die Hersteller erheblich **verschärft**. Durch die Produktion in Polen, Tschechien und Italien ist ein hoher Preisdruck entstanden.<sup>92</sup>

In dieser Konsolidierungsphase wuchsen die großen Möbelhersteller durch die Übernahme mittelständischer Hersteller und den Aufbau von Fertigungskapazitäten im Ausland deutlich.<sup>93</sup> Die Anzahl der Betriebe hat seit 1995 kontinuierlich abgenommen. In der Periode 2001 bis 2004 ist die Zahl der Unternehmen um 4,3 % p. a. gesunken, die der Beschäftigten um 6,8 % p. a.<sup>94</sup> In den letzten beiden Jahren hat sich der Trend zur Produktionsverlagerung nach Osteuropa verlangsamt. Anstatt die komplette Produktion zu verlagern, werden immer mehr Komponenten im Ausland gekauft. Dies führt dazu, dass der Anteil der Handelsware am Gesamtumsatz der Branche stetig ansteigt.<sup>95</sup>

Eine Voraussetzung für die **Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit** sind Investitionen und Innovationen. Ein Hemmnis für Innovationen liegt jedoch in der mittelständischen Struktur der Möbelbranche. Die erforderlichen Investitionskosten für F&E neuer Produkte könnten durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Industrien reduziert werden.<sup>96</sup>

**Große Möbelhersteller** sind in der Lage, ihre Produktion auf die jeweils kostengünstigsten Länder zu verteilen und entsprechende Konditionen gegenüber dem Handel zu realisieren, wodurch sie die KMU immer stärker unter Druck setzen.<sup>97</sup> Unter den zehn größten Herstellern von Möbeln in Europa finden sich fünf deutsche Unternehmen bzw. Unternehmensgruppen.<sup>98</sup> Die deutsche Küchenmöbel-Industrie, die sich durch eine kundenorientierte, flexible und industrielle Fertigung auszeichnet, ist international konkurrenzfähig.<sup>99</sup>

---

91 vgl. HDH, 2004

92 vgl. AVKTV, 2004

93 vgl. IG Metall, 2004

94 vgl. Rhode, 2001; VDM/HDM, 2006

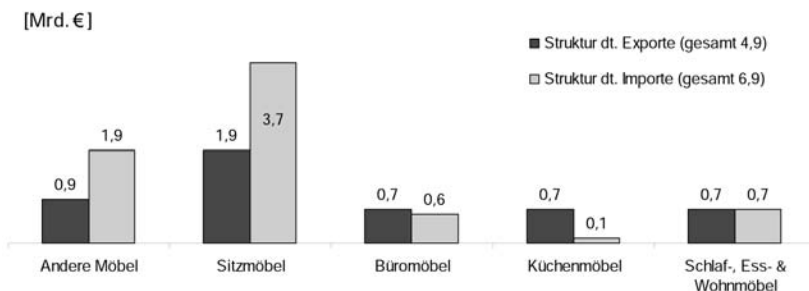
95 vgl. VDM/HDM, 2006

96 vgl. Rhode, 2001

97 vgl. BVDM, 2004

98 vgl. IG Metall, 2004

99 vgl. HDH, 2004



Quelle: HDH, 2004

Abbildung: Möbelexporte und Möbelimporte Deutschland 2003

Die **Abnehmer** von Möbeln sind in der Regel große Einkaufsketten, die ihren zahlreichen Zulieferern die Preise diktieren können. Individualmöbel werden in klein- und mittelständischen Betrieben produziert und über den Fachhandel vertrieben. Die Möbelindustrie hängt von den allgemeinen Konsumententrends ab. Aus diesem Grund prognostizieren viele Experten das Schrumpfen der mittleren Preis- und Qualitätssegmente bei gleichzeitig wachsender Bedeutung von individuellen Lösungen.<sup>100</sup>

Drei Viertel aller Möbel werden über **Möbelfachhändler** vertrieben,<sup>101</sup> die überwiegend in Einkaufsverbänden zusammengeschlossen sind und somit über eine **große Marktmacht** verfügen. Die fünf größten Verbände hatten im Jahr 2003 einen Marktanteil von 44 %, der weiter wachsen wird.<sup>102</sup> 50 % des Umsatzes wird heute in den Bereichen „Mitnahme“ und „Discount“ erzielt. Der Marktanteil dieser „Pickups“ ist im Zeitraum 2002 bis 2004 um 8 % gestiegen.<sup>103</sup>

Bei Möbeln ist **Holz** mit ca. 50 % heute der **dominierende Werkstoff**. Durch die Entwicklung in der Möbelherstellung und den verstärkten Einsatz von veredelten Produkten aus Holz, z. B. Brettschichtholz oder Faserplatten, sind jedoch auch technisch optimierte Halbzeuge aus Holz

100 vgl. Knauf, 2004

101 vgl. BVDM, 2004

102 vgl. HDH, 2004

103 vgl. G+J-Wohnmöbel, 2004

verfügbar.<sup>104</sup> Holzverbundwerkstoffe aus WPC können z. B. für einteilige Möbelkonstruktionen eingesetzt werden.<sup>105</sup> Zwar halten neue Werkstoffe Einzug in den Möbelmarkt, doch gibt es keine Indizien für eine kurzfristige **Substitution** von Holz.

Die Anforderungen an die **Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit** von Werkstoffen und Produkten für Innenräume nehmen zu. Es gibt u. a. folgende **Umweltzeichen** für emissionsarme Produkte aus Holz:<sup>106</sup>

RAZ-UL-38 (1999) – Umweltzeichen für emissionsarme Produkte für den Innenraum, die überwiegend aus Holz und/oder Holzwerkstoffen hergestellt werden (Emissionen an Formaldehyd und flüchtige organische Verbindungen – VOC),

RAL-ZU 76 (2001) – Umweltzeichen für emissionsarme Holzwerkstoffplatten (z. B. Phenol, monomeres MDI),

RAL-RG 430 (2002) – Umweltzeichen mit Anforderungen an den Biozidgehalt, CMT-Verbindungen und das Geruchsverhalten von Materialien für Möbel.

Diese Umweltzeichen regulieren die Begrenzung von Emissionen (z. B. Formaldehyd) von Produkten aus Holz- und Holzwerkstoffen. Um die Grundlage für eine einheitliche und nachvollziehbare gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten in Deutschland zu schaffen, hat der „Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten“ (AgBB) Prüfkriterien erarbeitet und daraus ein Bewertungsschema für VOC-Emissionen aus innenraumrelevanten Bauprodukten entwickelt. Voraussichtlich wird das von der AgBB erarbeitete Bewertungsschema für Bodenbeläge auf weitere Bauprodukte und ggf. auf andere Produkte bzw. Werkstoffe für den Wohnbereich ausgeweitet. Fußböden aus Naturstoffen liegen aufgrund der genannten Richtlinien zur Schadstoffemission im Trend (vgl. „Baumaterialien“).

**Es ist zu erwarten**, dass die Verbraucher zunehmend sensibilisiert werden und auf entsprechende Gütezeichen achten. Die Prüfung und Einhaltung der Emissionen wird der Möbelhandel aufgrund seiner Marktmacht bei den Möbelherstellern durchsetzen können. Da im Wohnbereich der Werkstoff Holz grundsätzlich mit einer positiven Assoziation

---

104 vgl. Fornefeld, 2004

105 vgl. KNR, 2005

106 vgl. Dix, 2004



belegt ist, wird sich ein natürlicher Oberflächenschutz entsprechend verkaufsfördernd auswirken.

**Zusammenfassend** kann festgehalten werden:

- Die Fertigung von Massenmöbeln wird zunehmend in Osteuropa und Asien vorgenommen. Der Grund dafür ist in den Fertigungskosten und nicht in den Rohstoffkosten zu sehen.
- Die Herstellung individueller Möbel und komplexer Möbelsysteme bleibt in Deutschland erfolgreich, z. B. Küchenmöbel.
- Massivholz ist im Wohnbereich unschlagbar und stützt den Trend zum „cocooning“.

**Schlussfolgerungen:**

- Die Verwendung bestimmter Möbelwerkstoffe unterliegt modischen Trends.
- Innovative Fertigungstechniken für Möbel könnten sich positiv auf die heimische Holznutzung infolge eines erhöhten Holznebenproduktbedarfs auswirken (z. B. WPC).
- Die Kombination von preiswerten Möbeln mit individuellen Designwünschen hat Zukunft.

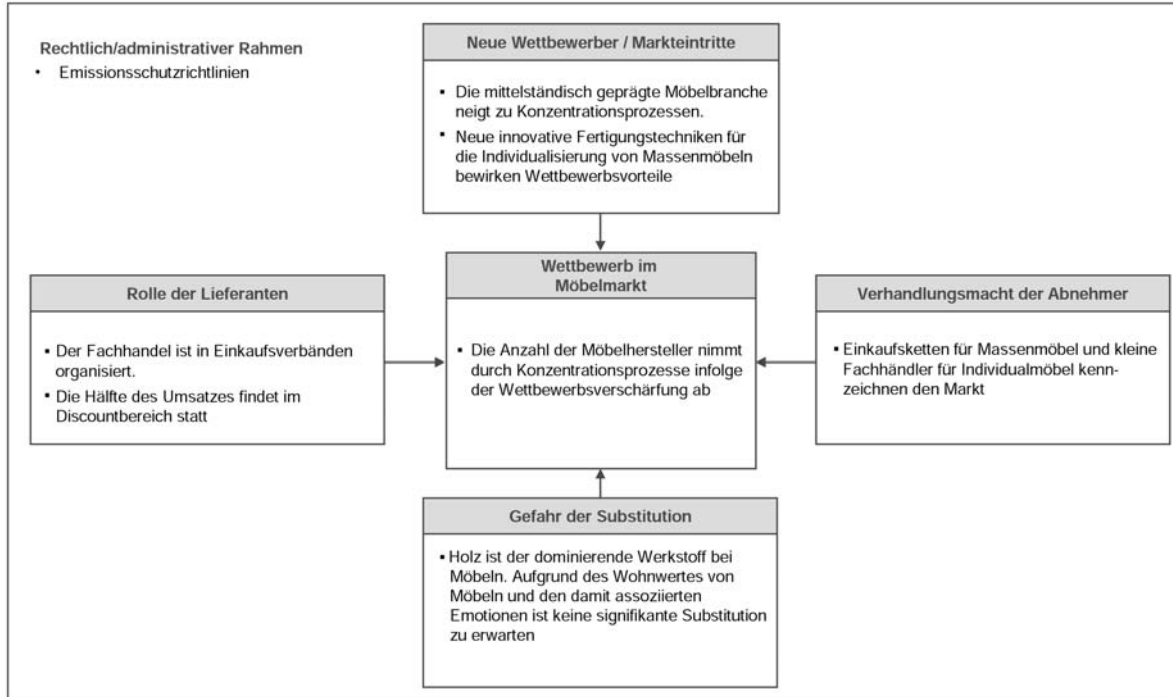


Abbildung: Wettbewerbsdynamik im deutschen Möbelmarkt

| <b>Stärken</b>   | <b>Schwächen</b>   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Holz ist verfügbar, günstig und haltbar</li><li>• Holz ist eine CO<sub>2</sub>-Senke und seine Verarbeitung zu Möbeln ist vergleichsweise wenig energieintensiv</li><li>• Im Bereich Möbel und Innenausbau ist Holz ein wertvoller, vielseitiger und geschätzter Werkstoff</li><li>• Der Wohnwert wird durch die Anwesenheit von Holz deutlich erhöht</li></ul>                                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Massenmöbel werden aufgrund der dort niedrigen Produktionskosten zunehmend in Osteuropa und Asien gefertigt und dann importiert</li><li>• Die Herstellung von Vollholzmöbeln ist sehr personalintensiv</li></ul> |
| <b>Chancen</b>   | <b>Risiken</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Die deutsche Küchenmöbelindustrie stellt komplexe, individuell angepasste Systeme her. Sie ist damit im Bereich der Möbelindustrie Technologieführer und exportstark</li><li>• Die Preisstabilität von Holz fördert dessen zunehmende Akzeptanz im Wohnmöbelbereich</li><li>• Holzverbundwerkstoffe finden zunehmend Einzug in den Möbelbau</li><li>• Vollholzmöbel sind preisstabil</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Möbel unterliegen modischen Trends, damit können neue Werkstoffe Holz verdrängen</li></ul>   |

Abbildung: Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Nawaro als Rohstoffe in der Möbelherstellung

## 4 Quellenverzeichnis

### Literatur

- AKTV – Arbeitskreises Naturfaserverstärkte Kunststoffe: Protokoll der 20. Sitzung des Arbeitskreises Naturfaserverstärkte Kunststoffe am 2. Dezember 2004. Frankfurt, AVK-TV Geschäftsstelle, Frankfurt, 02-12-2004. Zitierte Vorergebnisse der Studie „Die Einführung von NF-Composites in die Möbelindustrie“ im Auftrag für die AVK-TV, Sperber Consulting
- BVDM – Bundesverband des Deutschen Möbel-, Küchen- und Einrichtungs-fachhandels (Hrsg.): BVDM-Geschäftsbericht, 2003/2004
- Dix, B./ Salthammer, T.: Fraunhofer WKI: Emissionen von organischen Verbindungen aus naturfaserverstärkten Composites. In: Fraunhofer Institut für Werkstoff-mechanik – IWM – (Hrsg. und Veranstalter): Vortrag zum 1. Industrieworkshop „Naturfaserstoff gefüllte Composites und Bauteile – Erfahrungen, Perspektiven“, Halle 2004-11-18
- Fornefeld, M.: Absatzpotenziale für heimische Produkte aus Nadelstarkholz auf den nationalen und internationalen Märkten. MICUS Management Consulting GmbH. Abschlussbericht, 121 S., Januar 2004
- Gruner + Jahr AG & Co KG: Küchenmöbel. Marktanalyse, Schriftenreihe „Märkte + Tendenzen“, Nr. 15, August 2004
- Gruner + Jahr AG & Co KG: Branchenbild. Marktanalyse Wohnmöbel, Nr. 24, Juli 2004
- Hasch, J.: Ökologische Betrachtungen von Holzspan- und Holzfasersplatten. In: Universität Hamburg, FB Biologie. Dissertation, Hamburg 2002
- HDH – Hauptverband der Deutschen Holz und Kunststoffe verarbeitenden Industrie und verwandter Industriezweige e. V., Verband der Deutschen Möbelindustrie e. V.: Jahrbuch 2004 – Annual Report 2004, Broschüre, Mai 2004
- HDH – Hauptverband der Deutschen Holz und Kunststoffe verarbeitenden Industrie und verwandter Industriezweige e. V., Verband der Deutschen Möbel-industrie e. V.: Jahrbuch 2005 – Annual Report 2005, Broschüre, November 2005
- IG Metall (Hrsg.): Branchenreport: Möbelindustrie 2004. FB Wirtschaft-Technologie-Umwelt. 17 S., April 2004
- Kruse, K.: Eigenschaften und Einsatzpotentiale neuer Holzwerkstoffe im Bauwesen. In: Universität Hamburg, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft. Dissertation, Hamburg 2001
- Knauf, M./Frühwald, A.: Trendanalyse Zukunft Holz – Delphistudie zur Entwicklung der deutschen Holzindustrie. Knauf Consulting GbR, Zentrum Holzwirtschaft. Abschlussbericht, Oktober 2004
- Mantau, U.: Vorlesungsfolien „Holzmärkte, Folgemärkte, Globalisierung“. 2004
- Mantau, U.: Holzeinsatz im Baubereich – Neubau und Modernisierung nach Markt-segmenten und Produktbereichen. Studie im Auftrag des Holzabsatzfonds. 2005
- Rhode, W. (Hrsg.): Die Möbelbranche braucht Anschlag! IG Metall, Abteilung Betriebs-politik Holz und Kunststoff – Kleine und mittlere Unternehmen. Branchenreport Nr. 08, Dezember 2001

**Einbezogene Unternehmen, Verbände und Institutionen**

KNR – Kompetenzzentrum Bauen mit Nachwachsenden Rohstoffen: Interviews mit  
Herrn Hemp, Münster, Mai und Juli 2005

VDM/HDH – Verband der Deutschen Möbelindustrie e. V., Herr Oswald, April 2006



**Abkürzungsverzeichnis**

|         |  |
|---------|--|
| a       | anno, Jahr   |
| Abb.    | Abbildung  |
| Abl.    | Amtsblatt  |
| ABS     | Acrylnitril-Butadien-Styrol  |
| AgBB    | Arbeitsgemeinschaft Bodenbeläge  |
| AGQM    | Arbeitsgemeinschaft Qualitätssicherung Biodiesel e. V.                   |
| AMG     | Arzneimittelgesetz   |
| APG     | Alkylpolyglucoside   |
| Art.    | Artikel  |
| ASA     | Acrylnitril-Styrol-Acrylester-Copolymer                                  |
| ATC     | Agreement of Textiles and Clothings                                      |
| atro    | Absolut trocken  |
|         |  |
| B       | Belgien  |
| B1      | Bereich 1 des unteren Marktsegments der Pkw-Klassen                      |
| B2      | Bereich 2 des unteren Marktsegments der Pkw-Klassen                      |
| B5, B10 | Diesel mit 5 % bzw. 10 % Biodieselbeimischung                            |
| BAP     | Biologisch abbaubare Polymere  |
| BAH     | Biologisch abbaubare Hilfsstoffe   |
| BAH     | Bundesverband der Arzneimittelhersteller e. V.                           |
| BAW     | Biologisch abbaubare Werkstoffe  |
| BfB     | Bundesmonopolverwaltung für Branntwein                                   |
| BfArM   | Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte                      |
| bft     | Bundesverband Freier Tankstellen   |
| BGBl.   | Bundesgesetzblatt  |
| BHKW    | Blockheizkraftwerk   |
| BImSchV | Bundes-Immissionsschutzgesetz  |
| BLE     | Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung                           |
| BMC     | Bulk moulding compound   |
| BMF     | Bundesministerium der Finanzen   |
| BMVEL   | Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung<br>und Landwirtschaft |
| BSB     | Biologischer Sauerstoffbedarf  |
| BTL     | Biomass-to-Liquid  |
| bzw.    | beziehungsweise  |

|                 |   |
|-----------------|---|
| C               | Celsius   |
| ca.             | circa   |
| C.A.R.M.E.N.    | Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk             |
| CCA             | copper, chrome, arsenic   |
| CDM             | Clean Development Mechanism   |
| CEFIC           | European Chemical Industry Council  |
| CNG             | Compressed Natural Gas  |
| CO <sub>2</sub> | Kohlenstoffdioxid   |
| CSB             | Chemischer Sauerstoffbedarf   |
| ct              | Cent  |
| CTL             | Coal-to-Liquid  |
|                 |   |
| d. h.           | das heisst  |
| D               | Deutschland   |
| DB              | Deckungsbeitrag   |
| DDGS            | Distillers' Dried Grains with Solubles                                    |
| DGE             | Deutsche Gesellschaft für Ernährung                                       |
| DGMK            | Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e. V. |
| DIN             | Deutsche Industrie Norm   |
| DME             | Dimethyether  |
| DOE             | Department of Energy  |
| DSD             | Duales System Deutschland   |
|                 |   |
| E5, E10         | Ottokraftstoff mit 5 bzw. 10 % Ethanolbeimischung                         |
| E & E           | Elektro- und Elektronikbereich  |
| e. V.           | eingetragener Verein  |
| EDANA           | Verband europäischer Vlieshersteller                                      |
| EEG             | Erneuerbare Energien Gesetz   |
| EG              | Europäische Gemeinschaft  |
| EN              | Europäische Norm  |
| ETBE            | Etyl-Tertiär-Butyl-Ether  |
| EU              | Europäische Union   |



|       |   |
|-------|---|
| F     | Frankreich  |
| FAES  | Fettalkoholethersulfate   |
| FAH   | Forschungsvereinigung der Arzneimittelhersteller e. V.            |
| FAS   | Fettalkoholsulfate  |
| FAZ   | Frankfurter Allgemeine Zeitung                                    |
| FB    | Flächenbedarf   |
| FBAW  | Forschungsgemeinschaft für<br>Biologisch Abbaubare Werkstoffe     |
| ff.   | fortfolgend   |
| FFV   | Flexible Fuel Vehicle   |
| FMG   | Futtermittelgesetz  |
| FNR   | Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.                         |
| FT    | Fischer-Tropsch   |
| FVK   | Faserverstärkte Kunststoffe                                       |
| F & E | Forschung und Entwicklung   |
| F+L   | Farben und Lacke  |
|       |   |
| GAP   | Gemeinsame Agrarpolitik   |
| GATT  | General Agreement on Tariffs and Trade                            |
| GB    | Großbritannien  |
| GF    | Glasfaser   |
| GFK   | Glasfaserverstärkter Kunststoff                                   |
| ggfs. | gegebenenfalls  |
| GJ    | Gigajoule   |
| GKL   | Gesellschaft für Kunststoffe im Landbau e. V.                     |
| GMP   | Gute Herstellungspraxis   |
| GTL   | Gas-to-Liquid   |
| GTZ   | Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit<br>(GTZ) GmbH |
|       |   |
| H1    | Bereich 1 des oberen Marktsegments der Pkw-Klassen                |
| H2    | Bereich 2 des oberen Marktsegments der Pkw-Klassen                |
| ha    | Hektar  |
| HD-PE | high density Polyethylen  |
| HEES  | Hydraulic Environmental Ester Synthetisch                         |
| HETG  | Hydraulic Environmental TriGlyzeride                              |

|           |  |
|-----------|--|
| HK        | Herstellkosten   |
| hl        | Hektoliter   |
| HPL       | Hartfaserplatte  |
| Hrsg.     | Herausgeber  |
|           |  |
| i. d. R.  | in der Regel   |
| I         | Italien  |
| IBAW      | Interessengemeinschaft<br>Biologisch Abbaubarer Werkstoffe e. V.   |
| IBS       | Industriebrennstoffe   |
| IEA       | Internationale Energieagentur                                      |
| IK        | Industrieverband Kunststoffverpackungen                            |
| inkl.     | inklusive  |
| insb.     | insbesondere   |
| IT        | Information Technology (Informationstechnologie)                   |
|           |  |
| Jg.       | Jahrgang   |
|           |  |
| KÄ        | Kraftstoffäquivalent   |
| Kfz       | Kraftfahrzeug  |
| KMU       | Kleine und mittlere Unternehmen                                    |
| KrW-/AbfG | Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz                             |
| KS        | Kraftstoff   |
| KST       | Kunststoff   |
| kt        | kilo Tonnen  |
| KTBL      | Kuratorium für Technik und Bauwesen<br>in der Landwirtschaft e. V. |
| kw        | Kilowatt   |
| kWh       | Kilowattstunde   |
| KWK       | Kraft-Wärme-Kopplung   |
|           |  |
| LAS       | Linear Alkylbenzolsulfonate  |
| LD-PE     | low density Polyethylen  |
| LFT       | langfaserverstärkter Thermoplast                                   |

---

|         |   |
|---------|---|
| LKW     | Lastkraftwagen  |
| LPG     | Liquefied Petroleum Gas, auch Flüssiggas oder Autogas |
| M1      | Bereich 1 des mittleren Marktsegments der Pkw-Klassen |
| M2      | Bereich 2 des mittleren Marktsegments der Pkw-Klassen |
| MA      | MitarbeiterIn   |
| MAP     | Marktanreizprogramm                                   |
| MDF     | Mitteldichte Faserplatte                              |
| MeOH    | Methanol  |
| MinöStG | Mineralölsteuergesetz                                 |
| Mio.    | Millionen   |
| MJ      | Mega Joule  |
| Mrd.    | Milliarden  |
| MTBE    | Methyl-Tertiär-Butyl-Ether                            |
| MW      | Megawatt  |
| MVA     | Müllverwertungsanlage                                 |
| Nawaro  | Nachwachsende Rohstoffe                               |
| NF      | Naturfaser  |
| NFK     | Naturfaserverstärkte Kunststoffe                      |
| NFZ     | Nutzfahrzeuge   |
| NM      | Nummer Metrisch                                       |
| NMMO    | N-Methylmorpholin-N-Oxid                              |
| Nr.     | Nummer  |
| NREL    | National Renewable Energy Laboratory                  |
| o. V.   | ohne Verfasser  |
| OEM     | Automobilhersteller                                   |
| OK      | Ottokraftstoff  |
| OSB     | Oriented Strand Board                                 |
| p.      | page  |
| p. a.   | per annum   |
| PA      | Polyamid  |

|       |  |
|-------|--|
| PA6   | Polyamid aus e-Caprolactam   |
| PA66  | Polyamid aus Hexamethyldiamin-Adipinsäure                                      |
| PBB   | polybromierte Biphenyle  |
| PBDE  | polybromierte Diphenylether  |
| PBT   | Polybutylenterephthalat  |
| PC    | Polycarbonat   |
| PE    | Polyethylen  |
| PJ    | Petajoule  |
| PLA   | Poly Lactid Acid (Polymilchsäure)  |
| PLA   | Polylactid   |
| POM   | Polyoxymethylen  |
| PP    | Polypropylen   |
| PS    | Polystyrol   |
| PTP   | Polymerwerkstoff aus Triglyceriden und<br>Polycarbonsäureanhydriden            |
| PUR   | Polyurethan  |
| PVC   | Polyvinylchlorid   |
|       |  |
| Rdnr. | Randnummer   |
| REACH | Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals                        |
| RL    | Richtlinie   |
| rm    | Raummeter  |
| RME   | Rapsmethylester  |
| RoHS  | Restriction of Hazardous Substances in Electrical and<br>Electronic Appliances |
| Rs    | Rechtssache  |
| RTM   | Resin transfer moulding  |
|       |  |
| S.    | Seite  |
| s. o. | siehe oben   |
| SAN   | Styrol-Acrylnitril-Copolymer   |
| SMC   | Sheet moulding compound  |
| SNG   | Substitute Natural Gas, auch Synthetic Natural Gas                             |
| SNP   | Sägenebenprodukte  |
| Std.  | Stunde   |
| SWOT  | Strengths Weaknesses Opportunities Threats                                     |

|       |   |
|-------|---|
| t     | Tonne   |
| T     | Tausend   |
| Tab.  | Tabelle   |
| TAME  | Tertiär-Amyl-Methyl-Ether                             |
| TK    | Telekommunikation                                     |
| TV    | Talkum verstärkt                                      |
| UFOP  | Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V. |
| UmVPn | Umverpackungen  |
| UTTO  | Universal Tractor Transmission Oil                    |
| VCI   | Verband der chemischen Industrie                      |
| VDMA  | Verein Deutscher Maschinen- und Anlagenbau            |
| VVO   | Verpackungsverordnung                                 |
| vgl.  | vergleiche  |
| Vol.  | Volumen   |
| VP    | Verpackungen  |
| VPM   | Verpackungsmaterialien                                |
| VSF   | Viskose Stapelfaser                                   |
| WE    | Westeuropa  |
| WEEE  | Waste Electrical & Electronic Equipment               |
| WPC   | Wood plastic composites                               |
| WTL   | Waste-to-Liquid                                       |
| WTO   | World Trade Organisation                              |
| WTT   | Well-to-Tank  |
| WW    | Weiß-Ware   |
| z. B. | zum Beispiel  |
| ZMP   | Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle               |











## **Herausgeber**

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)  
Hofplatz 1 • 18276 Gülzow  
Tel. : 038 43/69 30-0  
Fax: 038 43/69 30-1 02  
info@fnr.de • www.fnr.de

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

Gedruckt auf Papier aus Durchforstungsholz  
mit Farben auf Leinölbasis