

**Landwirtschaftskammer  
Westfalen-Lippe**

**Verein zur Förderung des Anbaus und der  
Verwertung von Hanf**

**Zentrum für nachwachsende Rohstoffe**

**NRW-Hanftag**

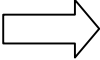
**Hanf & Co. -  
Rohstoffe für eine  
nachhaltige Entwicklung**

**T a g u n g s d o k u m e n t a t i o n**

**der Veranstaltung am 28.8.1997 in  
Haus Düsse**

**Lehr- und Versuchsanstalt für Tier- und Pflanzenproduktion  
der Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe  
Bad Sassendorf/Ostinghausen**

## I n h a l t s v e r z e i c h n i s

|  | Seite |
|--|-------|
| <b>1. Begrüßung: Karl Meise</b><br>Präsident der Landwirtschaftskammer Westfalen Lippe   | 6     |
| <b>2. Grußwort: Bärbel Höhn</b><br>Ministerin für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft   | 7     |
| <b>3. Grußwort: Hans-Jürgen Kleimann, Vizepräsident des WLW</b>  | 9     |
| <b>4. Dr. Hermann Scheer: Keine industrielle Zukunft ohne Landwirtschaft</b>   | 10    |
| <b>5. Dr. Lothar Loch: Hanfzüchtung der deutschen Sorte FASAMO</b>   | 18    |
| <b>6. Reent Martens und Jörg Müssig: Qualität von Hanffasern auf der Basis unterschiedlicher Beerntungs- und Bergetechniken</b>  | 22    |
|  <b>7. Jörg Müssig: Herstellung von Hanfnadelfilzen</b> | 35    |
| <b>8. Christian Krasemann: Hanffabrik Zehdenick - Aufbau, Konzept und Strategie am Markt</b>   | 48    |
| <b>9. Dr. Donal Murphy: Hanf im Bauwesen</b>   | 51    |
| <b>10. Prof. Roland Theimer: Hanfsamen: Qualität und Inhaltsstoffe</b>   | 61    |
| <b>11. NRW - Firmen und Ihr Engagement bei Faserpflanzen</b>   | 66    |
| <b>11.1 Dr. Eugen Prömper: Autoinnenverkleidungen aus Naturfasern</b>  | 66    |
| <b>11.2 André Bernhardt: Aktivitäten bei Hanfsamen</b>   | 69    |

Verantwortlich für die Erstellung der Tagungsdokumentation:

Projektbüro Hanf  
Hans-Bernd Hartmann  
Lehr- und Versuchsanstalt Haus Düsse  
59505 Bad Sassendorf-Ostinghausen

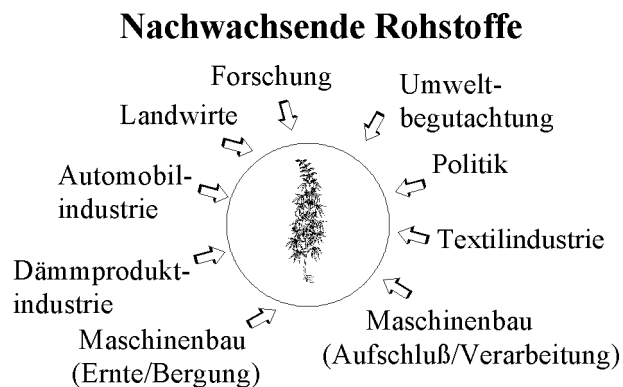
## 7. Jörg Müssig: Herstellung von Hanfnadelfilzen

### Herstellung von Hanfnadelfilzen

Jörg Müssig und H. Harig, Faserinstitut Bremen - FIBRE -

#### Einleitung

Der Bereich der *Nachwachsenden Rohstoffe* gestaltet sich zunehmend als interdisziplinäres Arbeitsfeld. Das Interesse seitens der Industrie an den heimischen Faserpflanzen Flachs, Nessel [Dreyer 1997] und Hanf steigt stetig. Wie in Bild 1 schematisch dargestellt, ist die Anzahl der Hanfinteressierten vielfältig. Das Ineinandergreifen der unterschiedlich ausgerichteten Bereiche erfordert zur klaren Verständigung die Verwendung eindeutiger Begriffe.



**Bild 1: Interdisziplinäres Arbeitsfeld um den Nachwachsenden Rohstoff Hanf**

#### Begriffe im Bereich der Hanffaserverarbeitung

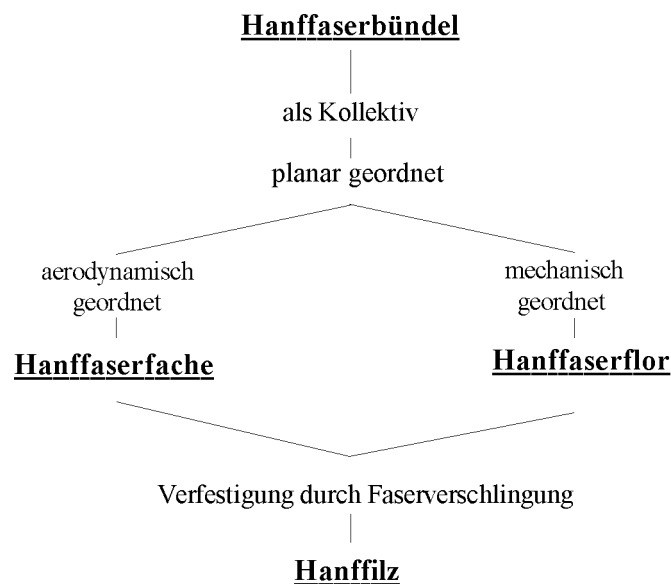
Insbesondere im Bereich der Fasern und der Textilien führen Widersprüchlichkeiten zu Verwirrungen und Fehldeutungen. Um eine systemkonforme Verwendung von Begriffen zu erreichen, werden die Textilien "Vlies" und "Filz" wie folgt definiert.

**Vlies:** Vliese sind Flächengefüge aus geschichteten lagestabilen Fasern, die durch ein Vinkulat verfestigt sind [Schnegelsberg 1971]. Neben den faserverklebenden Vinkulaten (z.B. Leime, Kleber, Harze, Thermoplaste) kommen auch fadenförmige Vinkulate (Fadenverschlingungen) vor.

**Filz:** Unter dem Begriff Filz werden alle textilen Flächengefüge zusammengefaßt, deren Verfestigung durch Faserverschlingungen hervorgerufen wird [Schnegelsberg 1971].

Ein Beispiel für ein durch Faserverschlingungen verfestigtes Gefüge ist ein Nadelfilz. Hierbei werden die Verschlingungen durch senkrechte Einstiche einer Vielzahl von Nadeln mit Widerhaken erzeugt.

Vor der Vernadelung müssen die Fasern in geeigneter Weise geordnet und geschichtet werden. Hierzu werden unter anderem aerodynamische und mechanische Verfahren verwendet. Schnegelsberg schlägt vor, die aerodynamisch geordneten Fasergebilde (Bauglied z.B. für ein Nadelfilz) mit dem Begriff Faserfache und die mechanisch geordneten Faserkollektive mit dem Begriff Faserflor zu bezeichnen. In Bild 2 sind die Zusammenhänge grafisch dargestellt.

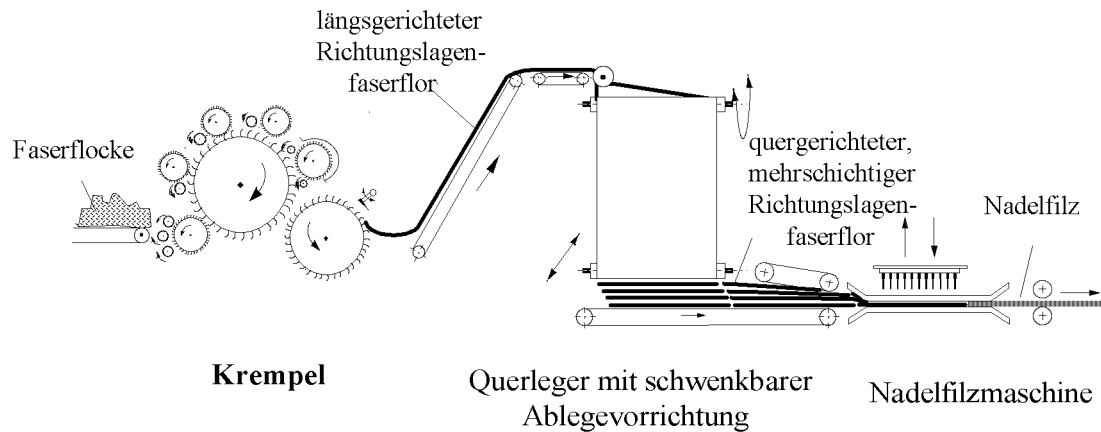


**Bild 2: Vom Hanffaserbündel zum Hanffilz**

In der Darstellung werden die Bauglieder (Faserfache und Faserflor) durch Faserverschlingungen zum Nadelfilz verfestigt. Mögliche Einsatzgebiete für Hanfnadelfilze sind Trittschall-dämmprodukte im Hausbau, nadelfilzverstärkte Polymerprodukte für Türinnenverkleidungen im Automobilbau und technische Textilien für den Erd- und Wasserbau.

## Herstellung von Nadelfilzen aus Faserflocken

Die Herstellung der Nadelfilze aus Faserflocken erfolgt nach dem Schema in Bild 3.



**Bild 3: Herstellung von Nadelfilzen aus Faserflocken**

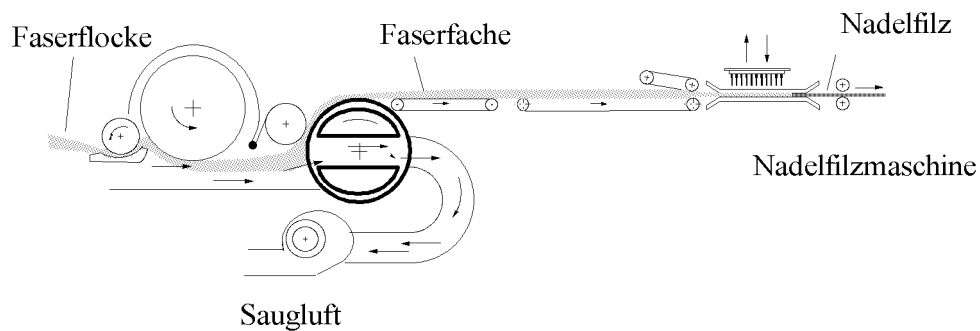
Die Faserflocke wird der Krempel zugeführt. Die Aufgabe der Krempel besteht darin, die Faserbündel zu parallelisieren, zu reinigen, zu verfeinern und mechanisch zum Faserflor zu ordnen. Der hauchdünne Faserflor wird an ein Transportband übergeben und mittels Querleger zum mehrschichtigen Faserflor gelegt. Anschließend erfolgt die Vernadelung zum Nadelfilz.

Aus den Verarbeitungsversuchen, die vom FIBRE im Technikum der FH-Niederrhein durchgeführt wurden, lassen sich anhand der folgenden Liste die Charakteristika des Verfahrens zusammenfassen [Müssig, Harig 1997]:

- überlange Faserbündel (500 mm) lassen sich einkürzen
- die Faserbündel werden verfeinert
- Staub, Schäben und Kurzfasern werden zum Großteil entfernt
- die Fasern, auch bei Mischungen verschiedener Faserarten, werden intensiv vermischt
- zur Erzeugung eines transportablen Faserflors muß die Faserhaftung ausreichend groß sein, bei zu geringer Faserhaftung ist der Einsatz von Avivagen erforderlich
- bei Faserflocken mit Richtungslage sind die mechanischen Eigenschaften in Quer- und Längsrichtung unterschiedlich
- durch die Einkürzung und Verfeinerung entstehen Verluste

## Herstellung von Nadelfilzen aus Faserfachen

Das Prinzip zur Herstellung von Faserfachen unterscheidet sich aus verfahrenstechnischer Sicht deutlich von dem Prinzip zur Produktion von Faserflocken. Aus diesem Grund ist eine begriffliche Unterscheidung erforderlich. In Bild 4 ist ein Verfahren zum aerodynamischen, planaren Ordnen von Fasern zum Kollektiv dargestellt.



**Bild 4: Herstellung von Nadelfilzen aus Faserfachen**

Die Faserflocke wird mittels einer Auflösewalze vereinzelt und - durch Saugluft unterstützt - aerodynamisch auf einer perforierten Trommel abgelegt. Die gebildete Faserfache wird an ein Transportband übergeben und der Nadelfilzmaschine zugeführt. Aus Verarbeitungsversuchen der Hanf Fabrik Zehdenick lassen sich die Eigenschaften des Verfahrens bei der Hanfverarbeitung zusammenfassen:

- sehr variabel bezüglich der Faserbündellänge (insbesondere bei kurzen Fasern)
- es findet kaum eine Einkürzung statt
- es können sehr grobe Faserbündel verarbeitet werden
- in der hergestellten Faserfache existiert keine ausgeprägte Orientierung der Fasern; das mechanische Verhalten in Quer- und Längsrichtung ist annähernd gleich
- das Verfahren ist sehr variabel bezüglich der gewünschten Flächenmasse
- im Vergleich zu Faserflocken ist die Gleichmäßigkeit der Produkte geringer
- es kann zu Entmischungen kommen; bei der Verarbeitung von Hanf sammeln sich auf der Unterseite die Schäben an
- die Faserbündel werden im Verarbeitungsprozess nicht verfeinert
- es findet keine zusätzliche Reinigung wie beim Krempelprozess statt
- es tritt eine hohe Staubbelastung auf

## Vergleich der Verfahren bei der Verarbeitung von Hanffasern

Um beide Verfahren insbesondere in Ihrer Tauglichkeit für die Hanfverarbeitung vergleichen zu können, wurden Versuche zur Flor- und Fachenherstellung mit anschließender Vernadelung durchgeführt. Hierbei kamen folgende Hanffasern zum Einsatz:

**BAFA SW:** Die feldgerösteten Hanfstengel stammen aus polnischem Anbau der 95er Ernte. Die Stengel wurden in einem traditionellen Schwingprozeß bearbeitet. Das beim Schwingen anfallende Schwingwerg (aussortierte Faserbündel mit einem hohen Anteil an Schäben) wurde bei der Firma BAFA Badische Naturfaseraufbereitung mechanisch aufgeschlossen.

**Bahmer FA:** Bei der Firma Bahmer wurden die Hanfstengel mechanisch fein aufgeschlos-senen. Der Hanf der Sorte *Felina 34* wurde am Standort Klagenfurt in Österreich im Jahr 1995 angebaut. Der zeitliche Ablauf der Ernte kann der folgenden Auflistung entnommen werden [FIBRE 1997].

*20. September 1995:* Die Stengelspitzen wurden inklusive der Samenstände mit einem Axialmähdrescher geköpft und gedroschen. Anschließend konnten die Samen einer weiteren Verwertung zugeführt werden. Der übrige Teil der Hanfstengel blieb erhalten und wurde im stehenden Zustand geröstet.

*bis 25. Oktober 1995:* Die Hanfstengel wurden nach dem Abschneiden der Spitzen bis zum 25. Oktober standgeröstet. Das Klima während der Röste war sehr warm und feucht.

*25. Oktober 1995:* Die Hanfstengel wurden nach ca. einmonatiger Röste mit einem Mähwerk geschnitten.

*2. November 1995:* Das Stroh wurde mit einer Rundballenpresse zu Rundballen verpreßt.

Beide Hanffasertypen wurden auf ihre Eigenschaften hin untersucht, wie im folgenden erläutert.

**Faserbündellänge:** Die Faserbündellängen wurden zum einen als querschnittbezogene und zum anderen als massebezogene mittlere Längen mit einem kapazitiven Längenmeßgerät, dem Almeter AL 100, bestimmt. Die Masse der untersuchten Proben betrug 0,6 g. Die Faserbündel wurden von Hand parallelisiert und anschließend einmal mit dem Gerät *fibroliner* vorbereitet. Es wurden 3 Messungen je Probe durchgeführt und daraus der Mit-

telwert der Länge gebildet. In Tabelle 1 sind die Längenwerte als **querschnittbezogene** Werte angegeben. Hierbei handelt es sich im einzelnen um die Mittlere Länge  $ML(Q)$ , den Variationskoeffizient  $CV(Q)$  und den Faseranteil  $L(Q)<25mm$ .

**Faserbündelfeinheit:** Die Masse der untersuchten Faserproben betrug 3 g. Schäben und Staub wurden aus der Faserflocke<sup>5</sup> möglichst vollständig entfernt. Die Proben wurden von Hand vorbereitet. Je Probe wurden 4 Messungen durchgeführt. Die Airflow-Meßwerte geben zwar keinen absoluten Wert der Feinheit wieder, können jedoch zur Beurteilung einer Verfeinerung der Faserbündel herangezogen werden.

**Masseanteil der verbleibenden Schäben:** Aus der Faserflocke wurden stichprobenartig 2 Proben gezogen. Die Masse der untersuchten Proben betrug ca. 10 g. Nach der Bestimmung der Masse wurden die Schäben manuell aus der Faserflocke ausgesondert und abgewogen. Die Masse der Schäben wurde auf die Gesamtmasse der Probe bezogen.

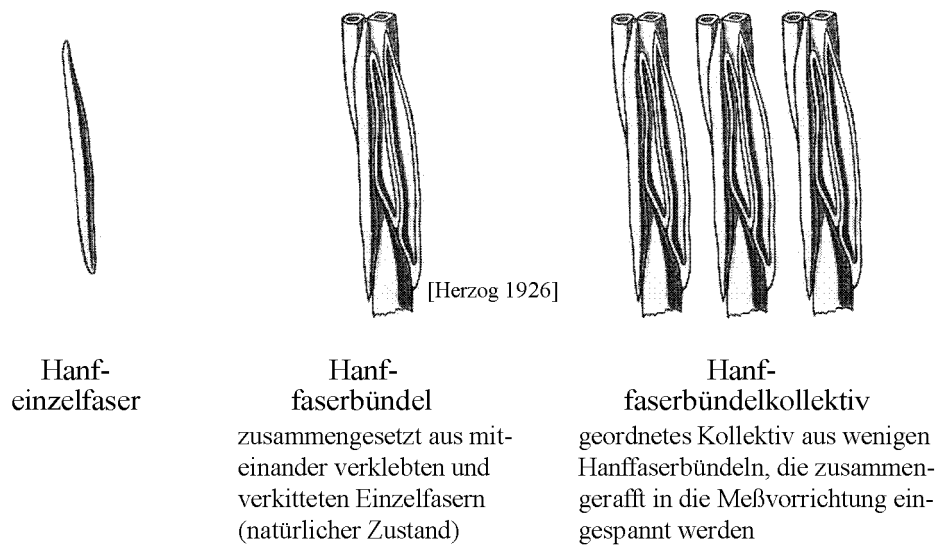
**Festigkeit eines Hanffaserbündelkollektivs:** Die Prüfung von Naturfasern, wie z.B. Baumwollfasern, gestaltet sich zum Teil recht problematisch. Grundsätzlich können bei Baumwolle die Festigkeit und die Dehnung von Einzelfasern und von Faserkollektiven ermittelt werden. Beim Hanf sind die Zusammenhänge noch komplexer, da die Einzelfasern im Stengel der Hanfpflanze durch Pektine und andere Kittsubstanzen miteinander verbunden sind. In natürlicher Form kommen nur sogenannte Hanffaserbündel vor. Durch einen Aufschluß lassen sich die groben Faserbündel zwar verfeinern, ein Auflösen bis zur Elementarfaser wird nicht erreicht und ist für die meisten Verarbeitungsfälle auch gar nicht gewünscht. Bei der Prüfung von Flachs- und Hanffasern können somit drei völlig unterschiedliche Prüfmöglichkeiten gewählt werden:

1. die Prüfung von Einzelfasern, die in sehr aufwendiger Weise aus dem Hanffaserbündel separiert werden müssen,
2. die Prüfung von Hanffaserbündeln und
3. die Prüfung von Kollektiven aus Hanffaserbündeln.

Diese Prüfmöglichkeiten sind deutlich zu unterscheiden, da sie auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Bild 5 veranschaulicht diese Unterscheidungen.

---

<sup>5</sup> Faserflocke: ungeordnetes Kollektiv aus verspinnbaren Stapelfasern [Schnegelsberg 1971].



**Bild 5: Unterscheidung zwischen Hanfeinzelfaser, -faserbündel und -faserbündelkollektiv**

Bei der Bestimmung der Festigkeiten der verwendeten Hanfsorten wurden *Hanffaserbündelkollektive* getestet. Zum Einsatz kam ein sogenanntes Stelometer-Prüfgerät. Die Proben wurden bei einer Einspannlänge von 3,2 mm in eine mit Plexiglas belegte Pressleyklemme gespannt. Das Gerät wurde nach ASTM D 1445 kalibriert. Es erfolgte keine Korrektur mit Baumwollstandards.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Fasereigenschaften sind in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt.

**Tabelle 1: Kennwerte der eingesetzten Hanffasern**

| Filz | Hanffasern       | Länge<br>ML(Q)<br>in mm | CV(Q)<br>in % | L(Q)<25mm<br>in % | Schäben<br>in % | Airflow<br>in mm | Festigkeit<br>in cN/tex |
|------|------------------|-------------------------|---------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------------|
| Z2   | <b>BAFA SW</b>   | 45,7                    | 72,2          | 44,5              | 1,0             | 158              | 35                      |
| V5   | <b>Bahmer FA</b> | 41,8                    | 60,4          | 28,9              | 1,3             | 194              | 40                      |

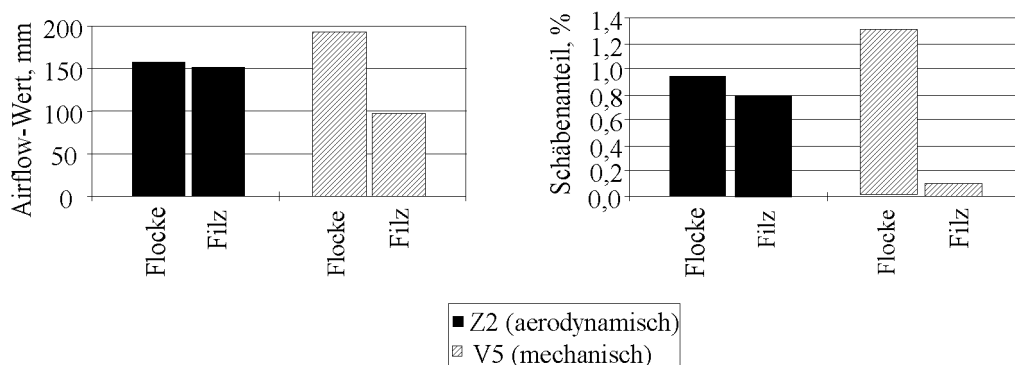
Nach Tabelle 1 haben die untersuchten Hanfsorten mit ca. 1% einen sehr geringen massebezogenen Schäbenanteil. Die Festigkeiten liegen in etwa im gleichen Bereich. Die bei BAFA aufgeschlossenen Fasern haben einen höheren querschnittsbezogenen Faseranteil

$L(Q) < 25\text{mm}$  und einen höheren Variationskoeffizienten für die Länge, der die inhomogenere Längenverteilung charakterisiert. Der Airflow-Wert, der ein indirektes Maß für die Feinheit ist, ist bei der Bahmer-Variante größer, d.h. es liegen gröbere Fasern vor.

Die Fasern der Variante **BAFA SW** wurden in der Hanf-Fabrik Zehdenick mit dem Verfahren nach Bild 3 aerodynamisch zur **Faserfache** geordnet und anschließend zum Nadelfilz Nr. **Z2** vernadelt.

Die Faser der Variante **Bahmer FA** wurden mit dem Verfahren nach Bild 2 mechanisch zum **Faserflor** geordnet und zum Nadelfilz Nr. **V5** vernadelt.

Zur Beurteilung, welchen Einfluß die Verarbeitungsverfahren auf die Faserbündelfeinheit und den Schäbenanteil haben, wurden Untersuchungen der Fasern aus der Flocke und aus dem Nadelfilz durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Bild 6 grafisch dargestellt.



**Bild 6: Einfluß des Verarbeitungsverfahrens auf die Faserbündelfeinheit und den Schäbenanteil (Airflow-Messung an geöffneten Faserproben)**

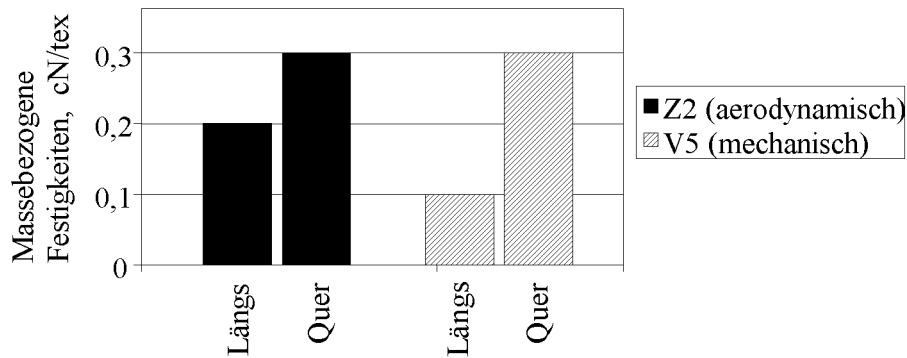
Bei Betrachtung der Balkendiagramme in Bild 6 ist deutlich zu erkennen, daß die Faserbündel Bahmer FA (V5) beim mechanischen Ordnen stark verfeinert werden, während die Faserbündel BAFA SW (Z2) beim aerodynamischen Ordnen kaum eine Verfeinerung erfahren.

Die Reinigung beim Krempeln ist ebenfalls deutlich effektiver. Die in der Variante Bahmer FA (V5) enthaltenen Schäben werden fast vollständig entfernt, während nach dem aerodynamischen Ordnen die Schäben noch fast vollständig vorhanden sind.

Der Vergleich der Festigkeit der hergestellten Nadelfilze macht deutlich, daß ein Nadelfilz aus einer Faserfache ein gleichmäßigeres mechanisches Verhalten in Quer- und Längsrichtung (Fertigungsrichtung) aufweist als ein Nadelfilz aus Faserfloren mit ausgeprägter

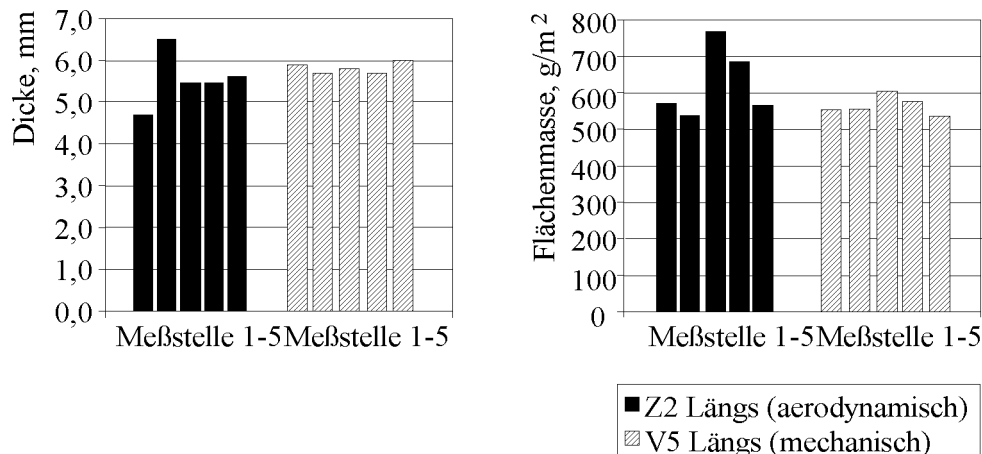
Faserorientierung. Bei Nadelfilzen aus Faserfloren mit Richtungslage ist die Festigkeit in Quer-

richtung deutlich größer als die Festigkeit in Längsrichtung. In Bild 7 ist der Unterschied grafisch dargestellt.



**Bild 7: Massebezogene Festigkeiten in Produktions- und Querrichtung von Nadelfilzen aus Faserfächern und Faserfloren**

Sowohl bei der Faserflor- als auch bei der Faserfächernherstellung sollte ein Endprodukt mit einer Flächenmasse von ca. 600 g/m<sup>2</sup> produziert werden. Die Diagramme in Bild 8 verdeutlichen, daß sowohl die Werte der Dicke als auch die der Flächenmasse bei den Nadelfilzen aus Faserfloren eine kleinere Streuung aufweisen.



**Bild 8: Dicke und Flächenmasse von Nadelfilzen aus Faserfloren und Faserfächern**

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden anhand zweier Herstelleranforderungsprofile diskutiert, mit dem Ziel, entsprechend den Anforderungen ein geeignetes Verfahren auszuwählen.

#### Anforderungsprofil Hersteller X

- Verarbeitung grober Faserbündel, die im Prozeß nicht weiter verfeinert und eingekürzt werden sollen
- der Schäbenanteil in der Faserflocke ist ausreichend gering und muß durch die Verarbeitung nicht weiter reduziert werden
- die Ansprüche an Gleichmäßigkeit bezüglich Flächenmasse und Dicke sind nicht so hoch
- die Festigkeit des Nadelfilzes in Längs- und Querrichtung sollen annähernd gleich sein

⇒ Diese Vorgaben können am besten durch ein Nadelfilz aus einer Faserflocke erreicht werden.

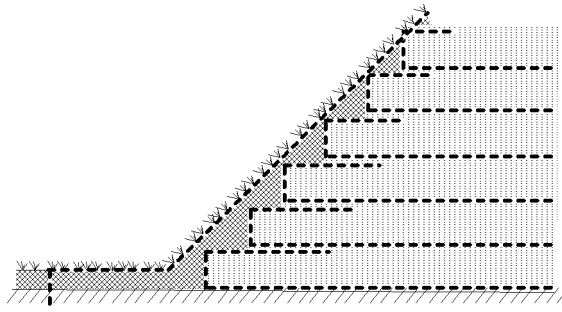
#### Anforderungsprofil Hersteller Y

- die Faserbündel sollen im Prozeß weiter verfeinert werden
- zu lange Faserbündel sollen eingekürzt werden
- Staub und Kurzfasern sollen entfernt werden
- der Schäbengehalt muß im Prozeß reduziert werden
- die Homogenität des Nadelfilzes (Dicke, Flächenmasse) soll groß sein
- die mechanischen Eigenschaften in Längs- und Querrichtung können/müssen unterschiedlich sein

⇒ Diese Vorgaben werden durch ein Nadelfilz aus einem mehrschichtigen Faserflor mit Richtungslage erreicht.

### **Einsatzmöglichkeiten von Hanfnadelfilzen im Erd- und Wasserbau**

Abschließend soll der Einsatz von Hanfnadelfilzen aus Faserflocken anhand der Anforderungen für technische Textilien im Erdbau diskutiert werden. Als Anwendungsbeispiel dient die in Bild 9 dargestellte Erosionssicherung von Böschungen.



**Bild 9: Anwendungsbeispiel für Geotextilien: Erosionssicherung von Böschungen**

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen definiert in ihrem Merkblatt sogenannte Geotextilrobustheitsklassen GRK [FGSV 1994]. Für Nadelfilze sind diese GRK-Klassen abhängig von der gemessenen Stempeldurchdrückkraft und der Flächenmasse. In Tabelle 2 sind den GRK-Klassen 1 bis 5 die notwendigen Werte zugeordnet.

**Tabelle 2: Geotextilrobustheitsklassen für Vliese und Filze [FGSV 1994, S. 47]**

| Geotextilrobust-<br>heitsklasse<br>GRK | Stempeldurch-<br>drückkraft $S_D$<br>in kN | Masse pro<br>Fläche<br>in $g/m^2$ |
|--|--|-----------------------------------|
| 1                                      | $\geq 0,5$                                 | $\geq 80$                         |
| 2                                      | $\geq 1,0$                                 | $\geq 100$                        |
| 3                                      | $\geq 1,5$                                 | $\geq 150$                        |
| 4                                      | $\geq 2,5$                                 | $\geq 250$                        |
| 5                                      | $\geq 3,5$                                 | $\geq 300$                        |

Zusätzlich zu den Vorgaben der FGSW wurden zum Vergleich die Daten von Nadelfilzen aus PP für den Straßenbau der Firma Naue Fasertechnik ausgewählt [NAUE FASERTECHNIK 1995]. Die Hanffasern der Variante Bahmer FA wurden zu 100% und in Mischungen mit anderen Fasern nach dem Schema in Bild 3 zu Nadelfilzen verarbeitet und zum Teil zusätzlich mit einem Trägergewebe vernadelt. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

**Tabelle 3: Überprüfung der Einsatztauglichkeit von Hanfnadelfilzen im Bereich des Erdbaus [Müssig, Harig 1997]**

| Faserart | gemessene<br>Stempel-<br>durch- |  | erreichte GRK | Vergleich zu PP-Geotextil<br>vom Typ Secutex® |
|----------|---------------------------------|--|---------------|---|
|          |                                 |  |               |   |

|                         | <i>drückkraft</i>      |               |           |                                   |
|-------------------------|------------------------|---------------|-----------|-----------------------------------|
| 100% FA                 | $S_D = 0,2 \text{ kN}$ | $\Rightarrow$ | keine GRK | —                                 |
| 100% FA / Gewebe        | $S_D = 0,8 \text{ kN}$ | $\Rightarrow$ | GRK 1     | —                                 |
| 50% FA / 50% Wolle      | $S_D = 1,9 \text{ kN}$ | $\Rightarrow$ | GRK 3     | Werte (Secutex 201-GRK3) erreicht |
| 50% FA / 50% PP         | $S_D = 3,1 \text{ kN}$ | $\Rightarrow$ | GRK 4     | Werte (Secutex 301-GRK4) erreicht |
| 50% FA / 50% PP /Gewebe | $S_D = 3,7 \text{ kN}$ | $\Rightarrow$ | GRK 5     | Werte (Secutex 351-GRK5) erreicht |

Bei der Verwendung von 100% Hanf konnte keine GRK erreicht werden. Durch Mischung mit anderen Faserarten erscheint die Verwendung mechanisch aufgeschlossener Hanffasern in dem technisch anspruchsvollen Einsatzgebiet Erdbau aus rein werkstofftechnischer Sicht sehr vielversprechend zu sein.

## Literatur

### **Dreyer, J./Dreyling, G. 1997:**

*Erzeugung technischer Naturfasern aus Fasernesseln (Urtica dioica L.) Anbausystem und Produktivität im Raum Hamburg.*

Internationales VDI-MEG Kolloquium Nr. 22 (Bonn 6. - 7. August 1997). Kromer, K.-H. (Hrsg.): Erzeugung, Aufbereitung und Verarbeitung von Naturfasern für nichttextile Zwecke Bonn 1997, 1. Auflage, S. 153 - 162

### **FIBRE 1997:**

*Herstellung von technischen "Nonwoven"-Produkten (Vliesen) unter Einsatz von Naturfasern.*

Faserinstitut Bremen, Abschlußbericht / Förderprogramm: Arbeit und Umwelt, Programmteil: Angewandte Umweltforschung, Projektnummer: FV 057 (Projektbearbeitung: Müssig, J., Bäumer, R.), Freie Hansestadt Bremen 1997

### **FGSV 1994:**

*Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus.* Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen / Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln 1994 .- Merkblatt FGSV 535

### **Herzog, A. 1926:**

*Die Unterscheidung der Flachs- und Hanffaser.*

Verlag von Julius Springer, Berlin 1926

**Müssig, J./Harig, H. 1997:**

*Filze und Vliese aus Hanffasern - Untersuchung zum Einsatz von Nadelfilzen als Geotextilien.* 2. BIOROHSTOFF HANF (Frankfurt am Main 27. Februar bis 2. März 1997). nova-Institut, Köln/Hürth 1997

**NAUE FASERTECHNIK 1995:**

*Secutex® - Tabelle technischer Daten/*

NAUE FASERTECHNIK GmbH & Co. KG, Lübbecke 1995 .- Produktinformation, Stand 19. Dezember 1995

**Schnegelsberg, G. 1971:**

*Systematik der Textilien.*

verbesserter, fotomechanisch vervielfältigter Nachdruck der 1. Auflage. Wilhelm Goldmann Verlag, München:1971 (Das Wissenschaftliche Taschenbuch, Abteilung Technik)

