0 0 0

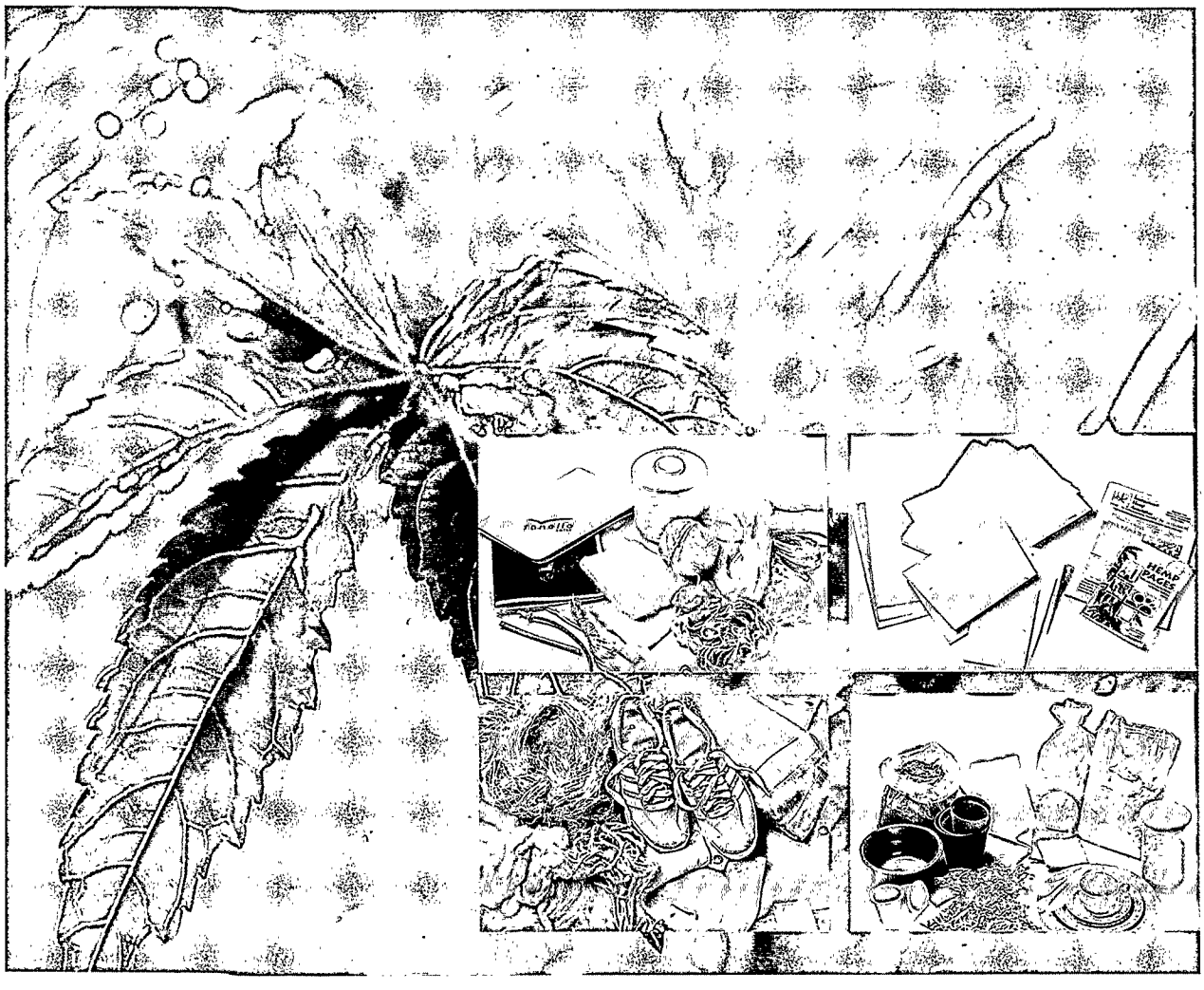
FAL Zürich-Reckenholz
Liebefeld-Bern

Schriftenreihe der FAL 29
Les cahiers de la FAL 29

Marktanalyse für Faserprodukte aus Chinaschilf, Flachs, Hanf und Kenaf in der Schweiz

Analyse de marché pour des produits en fibre issus du roseau de chine, du lin à fibre, du chanvre et du kenaf en Suisse.

Joachim Sell und Vito Mediavilla



Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz
Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld-Bern

Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Zurich-Reckenholz
Institut de recherches en protection de l'environnement et en agriculture, Liebefeld-Berne

FAL Zürich-Reckenholz
Liebefeld-Bern

Schriftenreihe der FAL 29
Les cahiers de la FAL 29

Marktanalyse für Faserprodukte aus Chinaschilf, Flachs, Hanf und Kenaf in der Schweiz

Analyse de marché pour des produits en fibre issus du roseau de chine, du lin à fibre, du chanvre et du kenaf en Suisse.

Joachim Sell und Vito Mediavilla

Eidgenössische Forschungsanstalt
für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz
Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld-Bern

Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture, Zurich-Reckenholz
Institut de recherches en protection de l'environnement et en agriculture, Liebefeld-Berne

Impressum:

ISSN 1421-4393 Schriftenreihe der FAL
ISBN 3-905608-22-7

Herausgeber: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau
Zürich-Reckenholz, CH-8046 Zürich
mit
Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld, CH-3003 Bern
http://www.admin.ch/sar/fal/

Redaktion: Regina Schallberger-Diethelm

Gestaltung: Vito Mediavilla, Elsbeth Plüss

Preis Fr. 30.— inkl. Mwst.

© by FAL, 1999

VORWORT

Nichts ist so stark wie eine Idee deren Zeit gekommen ist. Nachwachsende Rohstoffe sind im Kommen, ihr Potential als Alternative zu mineralischen und petrochemischen Grundstoffen wird europa- und weltweit immer mehr genutzt, um daraus Industrie- und Pharmaprodukte zu gewinnen. Verschiedene Produkte erlangten in den letzten 10 Jahren Marktreife und weisen eine positive ökologische Bilanz auf.

Dennoch: Die Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen fristen heute meist nur ein Nischendasein. Technische und ökonomische Gründe spielen mit eine Rolle. Was aber entscheidend sein dürfte, es existieren kaum Märkte mit definierten Qualitäten, abgestimmten Angeboten und Nachfragen und konsolidierten Rohstoffpreisen, was potentielle Nutzer vom Einstieg im Industriemassstab abhält.

In der vorliegenden Studie wurden deshalb die potentiellen Märkte für Produkte aus Faserpflanzen analysiert und bewertet. Das Ergebnis kann den Entscheidungsträgern der Landwirtschaft und Industrie sowie der Forschung und Politik dazu dienen, das vorhandene Marktpotential besser abschätzen und die Weichen für zukünftige Aktivitäten richtig stellen zu können.

Neben dieser Publikation gibt die „Informationsstelle Nachwachsende Rohstoffe", http://www.inaro.de, interessierten Produzenten und Nutzern von Faserpflanzen weiterführende Information über den aktuellen Stand der Entwicklung.

Dr. Erhard Meister

Sektionschef FAL

AVANT-PROPOS

Rien n'est aussi fort qu'une bonne idée qui arrive au bon moment. L'essor des matières premières renouvelables est là. En Europe et partout ailleurs au monde leur potentiel de substitution à des substances à bases minérales et pétrochimiques pour la production de produits industriels et pharmaceutiques est de plus en plus utilisés. Pendant les dernières 10 années différents produits ont acquis leur maturité dans le marché et ont un bilan écologique favorable.

Mais la plupart des produits issus de matières premières renouvelables sont aujourd'hui pour des raisons techniques et économiques des produits de niche. Il n'existe pratiquement pas de marché qui demandent des qualités définies, où la demande et l'offre sont en accord et les prix des matières premières sont consolidés. Ceci empêche les décideurs industriels à investir à grande échelle.

Pour ces raisons dans l'étude présente le potentiel des marchés pour des produits en fibres a été analysé et évalué. Les résultats servent à mieux juger les potentiels et de prévoir les futurs activités pour les décideurs industriels et agricoles, la recherche et la politique.

De plus amples d'informations actuelles pour les producteurs et utilisateurs sont mis à disposition par le « système d'information sur les matières premières renouvelables » http://www.inaro.de.

Dr. Erhard Meister

Chef de section FAL

DANK

Wir bedanken uns herzlich bei allen Expertinnen und Experten und allen Firmen für die bereitwillige Kooperation und ihr Engagement bei den Interviews. Viele Fachleute haben sich über den Rahmen des Interviews hinaus Zeit genommen um in Diskussionen ihre Ansichten zur Situation der nachwachsenden Faserpflanzen in der Schweiz zu äussern. Diese fruchtbaren Gespräche halfen sehr dabei, ein vielschichtiges Bild zum Thema zu bekommen.

Wir bedanken uns ganz besonders für die beratende Unterstützung bei Prof. Dr. R. Senti (Eidg. Technische Hochschule ETH, Institut für Wirtschaftsforschung, Zürich), Herrn Dr. St. Pfefferli (Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik FAT, Tänikon), Herrn Dr. D. P. L. Murphy (Bundesanstalt für Landwirtschaft, Institut für landwirtschaftliche Bauforschung, D-Braunschweig) und bei allen Firmen, die uns mit inhaltlich reichen, umfangreichen firmeninternen Angaben weiterhalfen.

Für die finanzielle Unterstützung des Projekts bedanken wir uns bei der Europäischen Union, bei der baden-württembergischen und elsässischen Trägerschaft, beim Grenzüberschreitenden Institut zur rentablen umweltgerechten Landbewirtschaftung ITADA, beim Bundesamt für Wirtschaft und Arbeit und den Kantonen Aargau, Basel-Stadt, Solothurn und insbesondere beim Kanton Basel-Land (Koordinator Herrn W. Mahrer).

INHALT

Zusammenfassung		**8**
Résumé		**10**
Summary		**12**
1	**Einleitung**	**14**
2	**Grundlagen**	**16**
2.1	Beschreibung und Aufbau der Marktanalyse	16
2.2	Faserpflanzen	19
2.2.1	Chinaschilf	19
2.2.2	Flachs	19
2.2.3	Hanf	20
2.2.4	Kenaf	21
2.2.5	Faseraufschluss und -eigenschaften	22
3	**Ergebnisse**	**25**
3.1	Zellstoff- und Papierbranche	25
3.1.1	Zellstoffmarkt	25
3.1.2	Papiermarkt	28
3.1.3	Papierhandel	30
3.1.4	Marktpotential für die Zellstoff- und Papierbranche	31
3.2	Textilbranche	31
3.2.1	Spinnerei	33
3.2.2	Weberei	34
3.2.3	Textilhandel	35
3.2.4	Marktpotential für die Textilbranche	36
3.3	Baubranche	37
3.3.1	Dämmstoffe	37
3.3.2	Faserbeton	42
3.3.3	Platten	44
3.3.4	Lehmbau	47
3.4	Gartenbranche	49
3.4.1	Torfersatz, Einstreu und Mulch	49
3.4.2	Geotextilien	52
3.5	Kunststoffbranche	54
4	**Schlussfolgerungen**	**61**
4.1	Faserpflanzen	61
4.2	Produktlinien	63
5	**Ausblick**	**66**
5.1	Faseraufschluss- und Aufbereitungsanlage	66
5.2	Informationsbasis	66
5.3	Produktentwicklung, Qualitätssicherung und Zertifizierung	67
5.4	Koordinationszentrum	68
Literatur		**69**
Anhang		**75**

ZUSAMMENFASSUNG

Marktanalyse für Faserprodukte aus Chinaschilf, Flachs, Hanf und Kenaf in der Schweiz

Pflanzenfasern sind, historisch gesehen, sehr alte Rohstoffe für verschiedenste von Menschen geschaffene Produkte. Zahlreiche Gründe sprechen auch heute noch dafür, pflanzliche Fasern zu produzieren und industriell zu verarbeiten. Nach einer langen Anbau- und Verarbeitungspause wurden Faserpflanzen anfangs der 90er Jahre als Rohstoffe „wiederentdeckt". Dabei handelt es sich um altbekannte Arten wie Flachs und Hanf, aber auch neu eingeführte Pflanzen wie Chinaschilf und Kenaf geniessen zunehmenden Bekanntheitsgrad.

Die Fasern dieser Pflanzen weisen spezifische, unterschiedliche technische Eigenschaften auf. Dementsprechend sind sie für einige Anwendungen hervorragend, für andere hingegen weniger gut geeignet. Die Unterschiede liegen vor allem in den – für die Industrie wichtigen – Kenngrössen wie zum Beispiel die chemische Zusammensetzung, Länge, Durchmesser, Dichte, Zugfestigkeit und Elastizität.

Im Rahmen der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit (Grenzüberschreitendes Institut zur rentablen umweltgerechten Landbewirtschaftung ITADA in Rahmen von der Gemeinschaftsinitiative für die Entwicklung von Grenzgregionen INTERREG II) in der Oberrheinebene wurde 1997 ein dreijähriges Projekt begonnen mit zwei Zielen: Die Optimierung des Anbaus der Faserpflanzen Chinaschilf, Hanf und Kenaf sowie die Untersuchung von Möglichkeiten der Markteinführung von Produkten dieser Pflanzen, inklusive Flachs. Die vorliegende Marktanalyse wurde im Rahmen dieses Projektes durchgeführt.

Zu Beginn der 90er Jahre begannen sich verschiedene Bereiche der Industrie und des Handels für Faserprodukte der erwähnten Pflanzen zu interessieren. In dieser Pioniersituation traten und treten noch heute zahlreiche Fragen auf, sowohl bei den landwirtschaftlichen Produzierenden, die Käuferschaft für die Fasern suchen, als auch bei den industriellen Verarbeitern der Fasern.

Welche einheimischen Pflanzenfasern setzen sich gegen die Konkurrenz der konventionellen Fasern in bestimmten Anwendungen durch? Welche Kriterien sind ausschlaggebend für die Konkurrenzfähigkeit und welche Märkte sind für die Fasern überhaupt erschliessbar? In welchen Branchen stecken die grössten Marktpotentiale, und in welchen Produktlinien ist die Substitution konventioneller durch nachwachsende Fasern aus Sicht der Industrie sinnvoll?

In der vorliegenden Marktanalyse wird versucht, auf diese und weitere Fragen Antworten zu geben. In ihr werden für die Schweiz die Märkte von ausgewählten Produktlinien beschrieben, in denen Fasern von Chinaschilf, Flachs, Hanf und Kenaf eingesetzt werden können. Die Beschreibung konzentriert sich auf quantitative und qualitative Charakteristika der Märkte. Die quantitative Marktbeschreibung basiert vorwiegend auf vorhandenem statistischem Material. Die qualitativen Marktparameter wurden mittels rund 150 Experteninterviews erhoben. Aus dieser Sammlung von Daten und Aussagen wurde das Marktpotential für Produktlinien der Branchen Zellstoff und Papier, Textilien, Bau, Gartenbau und -artikel inklusive Geotextilien sowie Kunststoffe geschätzt und diskutiert.

Eine Zusammenfassung dieser Schätzungen ist in Tabelle 1 dargestellt. Zur Zeit und in naher Zukunft sind der Baubereich, die Gartenbaubranche sowie Bereiche der faserverstärkten Kunststoffe am bedeutendsten, was die Menge der (in diesen Fällen meist einheimisch angebauten) verwerteten Fasern angeht.

Gegenwärtig und voraussichtlich auch innerhalb der nächsten 3 Jahre weisen in der Schweiz vor allem Produkte eher geringer Wertschöpfung und einfacher technischer Realisierbarkeit grössere Marktpotentiale auf. Das liegt unter anderem daran, dass für die Realisierung einer Reihe von Produktlinien Fasern mit hohem Aufschlussgrad erforderlich sind, in der Schweiz aber die nötige Infrastruktur für den Faseraufschluss und die Aufbereitung dazu fehlt. Es handelt sich dabei insbesondere um folgende Produktlinien: Zellstoffe und Papiere, Garne, Gewebe und die meisten Fertigtextilien, Dämmmatten, Faserbeton, Geotextilien und faserverstärkte Kunststoffe mit hohem Matrixanteil. Diese Situation führt dazu, dass Unternehmen, die an einheimischen Fasern interessiert sind, die Rohfasern für den Aufschluss exportieren und anschliessend die Fasern höherer Wertschöpfung wieder einführen müssen. Der Aufbau einer Faseraufschluss- und Aufbereitungsanlage ist deshalb notwendig. Um ihre Grösse, die Mindestproduktionsmengen und die ökonomische Realisierbarkeit abzuschätzen (die produzierten Fasern müssen ähnlich günstig sein wie die importierten Fasern), wird vorgeschlagen, eine Szenarionanalyse durchzuführen, die die hier ermittelten Marktpotentiale als Basisinformationen verwenden könnte.

Tabelle 1. Marktpotential nach Branche

Branche	Kulturen	Marktpotential [t/Jahr]	
		kurzfristig (bis 3 Jahre)	langfristig (länger als 3 Jahre)
Papierproduktion	Hanf	kein	5000 (an Bedingungen geknüpft)
Papierhandel	Hanf	15 bis 20	evtl. Abnahme, da trendiges Modeprodukt
Weberei	Flachs, Hanf	100 Flachs, 15 Hanf	vermutlich keine Zunahme
Textilhandel	Flachs, Hanf	keine konkrete Angaben	Flachs: Markt stabil Hanf: Zunahme bis grössere Marktnische
Dämmstoffe	Hanf, Flachs	Blasdämm.: 375 Hanf Hanfmatten: >10	500 – 1000
Faserbeton	Flachs, Hanf	keine konkrete Angaben; Interesse vorhanden	Teilsubstitution von Polypropylen und Glasfaser
Bauplatten (Spanplatten, Bauelemente)	Hanf, Flachs, Chinaschilf; Kenaf	Schäben 400, Interesse vorhanden	Interesse bei Spanplatten, an Bedingungen geknüpft
Lehmbau	Hanf, Flachs, Chinaschilf	10 bis 20	starke Zunahme
Gartenbranche	Hanf, Chinaschilf	Hanf: 20 Chinaschilf: 800	starke Zunahme
Geotextilien	Flachs, Hanf	keine konkreten Angaben	100 bis 150, an Bedingungen geknüpft
Faserverstärkte Kunststoffe	Chinaschilf, Hanf, Flachs	1000 bis 1500	Zunahme

Ein weiterer Handlungsbedarf ergibt sich im Rahmen der Ermittlung von technischen Eigenschaften der Faserprodukte. Bevor die Produkte nicht ähnlich präzise beschrieben werden wie die konventionellen Produkte und keine Qualitätstests und Qualitätssiegel vorliegen sind viele Produzierende nicht bereit, das Risiko einer eigenen Verarbeitung einzugehen. Somit kommt auch den öffentlichen Forschungsanstalten und Institutionen im technischen und Materialprüfbereich eine grosse Bedeutung für die erfolgreiche Etablierung von einheimischen Faserpflanzen in der Industrie zu.

Zugleich zeigt die Marktanalyse die Wichtigkeit der Öffentlichkeitsarbeit, des Informationsmanagements und des einheitlicheren Marketings für Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen. Diese Aufgabe und die Koordination von Anbau, Verarbeitung und Handel mit landwirtschaftlichen Fasern könnte zum Beispiel durch ein Koordinationszentrum für nachwachsende Rohstoffe übernommen werden.

RÉSUMÉ

Analyse de marché pour des produits en fibre issus du roseau de chine, du lin à fibre, du chanvre et du kenaf en Suisse

Les plantes à fibres représentent une source de matières premières renouvelables connue depuis très longtemps. De nombreuses raisons plaident en faveur de la production de fibres végétales et de leur utilisation industrielle. Après un long arrêt de la production et de la transformation, les plantes à fibres ont été "redécouvertes" au début des années 90. Il s'agit de cultures connues comme le lin à fibre ou le chanvre mais aussi de cultures nouvellement introduites telles que le roseau de chine et le kenaf.

Les fibres de ces plantes ont des propriétés différentes qui déterminent le champ de leurs possibles utilisations. Elles se distinguent à la base et avant tout au niveau de leur composition chimique, de leur longueur, de leur diamètre, de leur densité, de leur résistance à la rupture et de leur élasticité. Ces paramètres sont important pour une utilisation industrielle.

Dans le cadre de la coopération transfrontalière (Institut Transfrontalier d'Application et Développement Agronomique ITADA du programme Initiative Communautaire concernant le développement des zones frontalières INTERREG II) mise en œuvre dans le Rhin supérieur, un projet de trois ans a débuté en 1997 avec deux objectifs : d'une part l'étude et l'optimisation des pratiques culturales du chanvre, du roseau de chine et du kenaf, et d'autre part l'étude des possibilités d'introduction sur le marché de produits issus de ces plantes et de lin à fibre. La présente analyse de marché a été conduite dans le cadre de ce projet.

Au début des années 90 certains secteurs de l'industrie et du commerce ont commencé à s'intéresser au plantes à fibres. Dans cette phase de pionnier nombreuse questions sont surgies et surgissent encore concernant la production agricole, le commerce et la transformation industrielle des fibres végétales:

Quelles sont les fibres de ces plantes qui s'imposent face à la concurrence des fibres conventionnelles dans une application particulière ? Quels sont les critères qui sont décisifs pour la compétitivité et quels sont les marchés qui sont valorisants et ouverts à ces fibres ? Où se situent les plus grands potentiel de marché et quels sont les domaines où la substitution de fibres conventionnelles par des fibres de ressources renouvelables serait intéressante du point de vue des décideurs industriels ?

L'analyse présente cherche à répondre à ces et d'autres questions. Elle décrit pour la Suisse les marchés, dans lesquels les fibres de roseau de chine, de chanvre, de lin et de kenaf pourraient être introduites. La description se concentre sur les caractéristiques quantitatives et qualitatives des marchés. L'appréciation quantitative a été principalement établie à l'aide de statistiques. Les paramètres qualitatifs ont été enquêté à l'aide d'entretiens avec environ 150 experts. Enfin, le potentiel de marché a été synthétisé pour les branches de la cellulose et du papier, du textile, du bâtiment, du jardinage (avec les géo-tissus) et d'articles plastiques.

Le résumé de l'évaluation est décrit dans le tableau 2. A court terme, une utilisation significative (généralement de fibres issu de production suisse) de plusieurs centaines de tonnes est attendue dans le domaine du bâtiment, dans celui du jardinage et pour les plastiques renforcés.

Tableau 2. Potentiel de marché selon les branches

Branche	Cultures	Marché annuel potentiel [t/an]	
		Court terme (jusqu'à 3 ans)	Long terme (après 3 ans)
Production de papier	chanvre	aucun	5 000 (lié à des conditions)
Commerce du papier	chanvre	15 à 20	Eventuelle diminution vu la mode actuelle
Tissage	Lin, chanvre	100 lin, 15 chanvre	Probablement pas d'augmentation
Commerce du tissu	Lin, chanvre	Pas de données précises	Lin : marché stable Chanvre : progression voire niche de marché
Matériaux d'isolation	Lin, chanvre	Isolation alvéolaire : 375 Tapis de chanvre : > 10	5 00- 1000
Béton de fibres	Lin, chanvre	Pas de données précises, Intérêt présent	Substitution partielle de fibres de verre et polypropylen
Matériaux de construction composites (éléments de construction)	Chanvre, lin, roseau de chine, kenaf	Chenevotte 400, Intérêt présent	Intérêt pour pannaux, lié é des conditions
Construction en terre	Chanvre, lin, roseau de chine	10 à 20	Forte augmentation
Jardinage	Chanvre, roseau de chine	Chanvre : 20 Roseau de chine : 800	Forte augmentation
Geo-Tissus (soutien de sols)	Lin, chanvre	Pas de données précises	100 à 150, lié é des conditions
Plastiques renforcés par fibres	Roseau de chine, chanvre, lin	1 000 à 1 500	augmentation

En même temps ainsi que pour les prochaines 3 années des potentiels de marché élevés sont attendus pour des produits à plus-values réduite et à réalisation technique simple. La cause entre autres: Pour une certaine gamme de produits il est nécessaire d'avoir des fibres à haut degré d'extraction, mais d'infrastructure nécessaire pour une telle extraction et préparation manque en Suisse. Il s'agit notamment des produits de gammes suivantes: cellulose et papier, industrie du textile, tapis isolants, béton de fibre, géo-tissus de soutien de sols (une extraction mécanique est suffisante) et plastiques renforcées par des fibres avec une haute partie de matrice. Il est de rigueur que la réalisation d'une infrastructure adaptée au besoin du marché soit faite. Afin d'apprécier sa taille et sa faisabilité économique (le prix des fibres produites doit s'orienter au prix des importations), il est proposé de réaliser une prospection qui pourrait s'appuyer sur la base du potentiel de marchés ici rapportées.

Des travaux supplémentaires seraient nécessaires pour apprécier les propriétés techniques des produits issus de fibres de plantes. Avant que les produits ne sont pas décrit précisément beaucoup de producteurs n'osent pas prendre de risque et préfère des produits conventionnels. Les instituts publiques sont ainsi sollicités pour enquêter les valeurs références.

Dans le même temps cette analyse montre l'importance du travail de diffusion des résultats, du management des informations (par exemple quel produit a quelle particularité et ou est-il disponible) et du marketing des matières premières renouvelables. Ces tâches ainsi que la coordination de la production, de la transformation et du commerce de fibres d'origine agricole devrait pouvoir s'intensifier par exemple grâce à un centre de coordination pour les matières premières renouvelables.

SUMMARY

Market analysis for fibre products made from miscanthus, flax, hemp and kenaf in Switzerland

Viewed from a historical perspective, plant fibres are ancient raw materials for the widest variety of man made products. There are a number of good reasons for the production and industrial processing of plant fibres today as well. After a long pause in cultivation and production, plant fibres were "rediscovered" as raw materials in the early 1990´s. This included the well-known crops such as flax and hemp, while newly introduced plants such as miscanthus and kenaf are also becoming increasingly well-known in Switzerland.

The fibres from these plants show specific, yet varying technical characteristics. Accordingly, they are excellently suited for some applications, while being less suited for others. The differences lie primarily in characteristics that are vital for the industry, such as chemical composition, length, diameter, thickness, tensile strength and elasticity.

In 1997, within the framework of the cross-border co-operation (Cross-border Institute for Profitable and Environmentally Responsible Land Management, ITADA, within the framework of the Community Initiative for the Development of Border Regions and Cross-border Co-operation Interreg II) in the Upper Rhine area a three-year project began with two initial goals: Optimising of the cultivation of the fibre plants miscanthus, hemp and kenaf, as well as investigating the possibilities of market introduction for products made from these plants, as well as those made from flax. The market analysis provided here was carried out within the framework of this project.

At the beginning of the 1990's, various branches of industry and commerce began to grow interested in fibre products made from the above-mentioned plants. In this pioneer situation numerous questions arose, and continue to arise, for the agricultural producers who seek purchasers for the fibres, as well as those who industrially process the fibres: Which plant fibres can successfully compete against conventional fibres in particular applications? Which criteria are decisive for competitiveness and which markets are accessible? In which branches exist the largest market potential, and in which product lines is the substitution of conventional fibres by agricultural fibres meaningful, from an industrial perspective?

In the market analysis at hand, it was attempted to provide answers to these and other questions. Within it, the Swiss market is described for selected product lines in which fibres from miscanthus, flax, hemp and kenaf could be used. The description concentrates on quantitative and qualitative characteristics of the markets. The quantitative market description is primarily based upon existing statistical material. The qualitative market parameters were set by means of approximately 150 interviews with experts. From this collection of data and statements, the market potential for product lines in the areas of cellulose and paper, textile, construction, horticulture and garden articles including geo-textiles and synthetic materials was estimated and discussed.

Chart 3 represents a summary of these estimations. Currently, and in the near future, the construction branch, the horticulture branch, as well as the area of the fibre strengthened synthetic materials are and will be, of primary importance in regard to the quantity of (in these cases primarily natively cultivated) utilised fibres.

Presently in Switzerland, and also foreseeably for the next 3 years, primarily products of low value-added and simple technical feasibility show larger market potentials. This is due,

among other things, to the fact that for the production of a series of product lines, fibres with a high degree of fibre extraction are required. However, Switzerland lacks the necessary infrastructure for fibre extraction and processing thereof. This particularly applies to the following product lines: cellulose and papers, yarn, fabrics and most finished textiles, insulation matting, fibrous concrete, geotextiles and fibre strengthened synthetic materials with high portions of matrix. This situation has lead to the fact that companies interested in native fibres have to export the raw fibres for digesting and thereafter again import the fibres with a higher net product. The construction of a fibre extraction and processing facility is therefore necessary. In order to estimate its size, the minimum production amounts and the economic feasibility (the fibres produced must be as inexpensive as the imported fibres), the implementation of a scenario analysis, which could use the market potentials determined here as basis information is proposed.

Chart 3. Market potential for different branches

Branch	Cultures	Market potential (t/year)	
		Short-term (up to 3 years)	Long-term (more than 3 years)
Paper production	hemp	none	5000 (depending on conditions)
Paper business	hemp	15 to 20	possible decrease since it is a trendy article
Weaving mill	flax, hemp	100 flax, 15 hemp	probably no increase
Textile business	flax, hemp	no specific information	flax: market stable hemp: increase to a larger market niche
Insulation material	hemp, flax	blown insulation: 375 hemp hemp mats:> 10	500 – 1000
Fibrous concrete	flax, hemp	no specific information, interest exists	partial substitution of polypropylene and glass fibres
Building slabs (particle boards, building elements)	hemp, flax, miscanthus, kenaf	shives 400, interest exists	interest in particle boards, depending on conditions
Cobwork	hemp, flax, miscanthus	10 to 20	strong increase
Garden branch	hemp, miscanthus	hemp: 20 miscanthus: 800	strong increase
Geotextiles	flax, hemp	no specific information	100 to 150, depending on conditions
Fibre strengthened synthetic materials	miscanthus, hemp, flax	1000 to 1500	increase

An additional need for action exists in determining the technical characteristics of the fibre products. Until the products can be described with similar precision as the conventional products, and without quality tests and quality assurances, many producers are not prepared to take the risk for their own production. In this way, the public research facilities and institutions in the technical and material checking areas are of great importance for the successful establishment of native fibre plants in industry.

At the same time, the market analysis demonstrates the importance of public relation activities, the management of information and unified marketing of products made of renewable raw materials. This task and the co-ordination of cultivation, processing and commerce with agricultural fibres could, for example, be assumed by a co-ordination centre for renewable raw materials.

1 EINLEITUNG

Pflanzen dienen den Menschen seit Urzeiten als Faserrohstoffe und Energiequellen. Durch die Nutzung von Kohle, Erdöl und Erdgas und die zunehmende Verwendung von synthetischen oder mineralischen Fasern in verschiedenen Industrien wurden Pflanzenfasern aber aus vielen der traditionellen Einsatzgebieten verdrängt. Der Anbau von einheimischen, landwirtschaftlichen Faserpflanzen nahm in diesem Jahrhundert in der Schweiz, aber auch in den meisten anderen mitteleuropäischen Ländern, kontinuierlich ab, bis er in den 50er Jahren mehrheitlich zum Erliegen kam. Erst anfangs der 90er Jahre kamen Faserpflanzen wieder ins Gespräch, bedingt sowohl durch agrarökonomische Entwicklungen (Flächenstillegung; Zusatzeinkommen), als auch durch die Forderung nach Ersatzstoffen (Substituten) für ökologisch problematische Rohstoffe und durch zunehmende Erkenntnisse über ihre technisch vielfältige Verwendbarkeit. Flachs und Hanf wurden als altbekannte Kulturpflanzen in diesem Sinne "wieder entdeckt". Gleichzeitig wurden neue Faserpflanzen wie Chinaschilf und Kenaf eingeführt.

Zahlreiche Gründe sprechen dafür, pflanzliche, einheimische Fasern anzubauen und industriell zu nutzen. Erneuerbare Rohstoffe wie Pflanzenfasern können als Substitute die knappen Reserven an fossilen Rohstoffen (Erdöl, Erdgas) schonen. Bei ihrer Entsorgung oder thermischen Nutzung wird nur soviel CO_2 freigesetzt, wie die Pflanzen in ihrem Lebenszyklus aufgenommen haben. Produkte, die aus Pflanzenfasern hergestellt werden, verursachen in der Regel weniger Entsorgungsprobleme als zum Beispiel Produkte aus synthetischen oder mineralischen Fasern; sie können teilweise sogar kompostiert werden. Sowohl bei den Konsumentinnen und Konsumenten als auch in der industriellen Produktion werden umweltorientierte Überlegungen immer wichtiger, weshalb das Interesse an nachwachsenden Rohstoffen wächst. Wichtig ist zudem, dass verschiedene Fasern hervorragende technische Eigenschaften aufweisen. Die in den letzten Jahren in zahlreichen Untersuchungen festgestellte gute technische Qualität bestimmter Pflanzenfasern führte sicherlich auch zu einer grösseren Akzeptanz, vor allem auch in der industriellen Produktion.

Aber auch die Landwirtschaft ist aus verschiedenen Gründen sehr interessiert an der Produktion von Faserpflanzen. So können durch die Faserproduktion neue Einnahmequellen im *Non-food*-Bereich erschlossen werden. Zudem kann die pflanzliche Produktion diversifiziert werden.

In der Europäischen Union werden zur Zeit, neben insgesamt 1,3 Millionen Hektaren Raps und schnell wachsenden Baumarten, 100'000 ha Flachs und 14'200 ha Hanf angebaut. In der Schweiz sind die Anbauflächen von Faserpflanzen hingegen noch bescheiden (Tabelle 4). Im Gegensatz zu Chinaschilf (gleichbleibende Fläche) und Hanf (zunehmende Fläche) nimmt die Fläche bei Kenaf und Flachs ab. Für die klimatischen Bedingungen in der Schweiz sind andere bekannte Faserpflanzen wie Jute, Sisal und Ramie nicht geeignet.

Tabelle 4. Anbaufläche [ha] von Faserpflanzen in der Schweiz

Chinaschilf	Hanf	Kenaf	Flachs
284 (1998) [a]	260 (1998) [b]	90 (1993) [c]	15 (1996) [a]

Quellen: [a] Bundesamt für Statistik, [b] eigene Schätzung, [c] Bundesamt für Landwirtschaft

Die Anbaupause zwischen den 60er und 90er Jahren führte dazu, dass auch die industriellen Verarbeitungsanlagen für die Bastfaserpflanzen Hanf und Flachs verschwanden. Die Industrie passte sich bezüglich der Technologieentwicklung in vielen Branchen den neuen Rohstoffen, zum Beispiel der importierten Baumwolle und den synthetischen Fasern an. Damit entstand eine Wissens- bzw. Entwicklungslücke, die die (Wieder-) Einführung der Bastfasern erschwert. Ähnliches gilt für die Landwirtschaft: Die Anbautechnik (Pflege- und Ernte) für Kulturen wie Getreide entwickelte sich stark in den letzten Jahrzehnten. Dieser Schritt musste und muss für Hanf und Flachs noch nachgeholt werden, denn die traditionellen Technologien sind nicht mehr konkurrenzfähig. Ausgehend von dieser Situation wurden in Europa verschiedene Projekte in der landwirtschaftlichen Forschung durchgeführt zur Optimierung der Anbautechnik, Ernte und Pflege von einheimischen Faserpflanzen.

Im Rahmen der grenzübergreifenden Zusammenarbeit (Gemeinschaftsinitiative für Grenzgebiete der Europäischen Union INTERREG II, ITADA) in der Oberrheinebene wurde 1997 ein dreijähriges Projekt begonnen, das von den Kantonen der Nordwestschweiz, der Eidgenossenschaft, vom Bundesland Baden-Württemberg und der Europäischen Union getragen wurde. Dieses Projekt hatte zwei Ziele: Die Untersuchung und Optimierung des Anbaus der Faserpflanzen Chinaschilf, Hanf und Kenaf sowie die Untersuchung von Möglichkeiten der Markteinführung von Produkten aus diesen Pflanzen inklusive Flachs. Die vorliegende Marktanalyse wurde im Rahmen dieses Projektes durchgeführt.

Fasern können auf vielfältige Art und Weise industriell verwendet werden: z. B. in Textilien, als Papier, im Hausbau (Isolation, Bauplatten), für biologisch abbaubare Verpackungen, als Torfersatz, als Erosionschutz oder als Verstärkung in Verbundwerkstoffen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass nicht jede beliebige Faser für die Herstellung bestimmter Produkte geeignet ist. Es stellt sich deshalb die Frage, welche Fasern sich anstelle der zur Zeit am meisten verwendeten konventionellen Fasern für eine bestimmte Anwendung eignen könnten. Welche ökonomischen, technischen und ökologischen Kriterien sind zum Beispiel ausschlaggebend für die Konkurrenzfähigkeit und welche Märkte sind für die Fasern überhaupt erschliessbar? In welchen Branchen stecken die grössten Marktpotentiale, und in welchen Produktlinien macht die Substitution konventioneller durch nachwachsende aus der Sicht der Industrie Sinn?

In der vorliegenden Marktanalyse wird versucht, auf diese und weitere Fragen Antworten zu geben. Dafür werden aussichtsreiche Märkte für landwirtschaftliche Fasern nach quantitativen (zum Beispiel Marktvolumen, Marktstruktur) und qualitativen (zum Beispiel Konkurrenzintensität und Substitutionsmöglichkeiten) Gesichtspunkten beschrieben. Die quantitative Analyse basiert auf Daten aus verschiedenen Statistiken. Zur qualitativen Beschreibung wurden umfangreiche Interviews mit Fachleuten aus den verschiedenen Branchen geführt und ausgewertet. Aus diesen Daten wurden die Marktpotentiale geschätzt und Prognosen für zukünftige Entwicklungen in den verschiedenen Produktlinien formuliert. Diese Angaben bieten eine allgemeine Informations- und Entscheidungsgrundlage für Leute, die in der Produktentwicklung und Markteinführung tätig sind und sich für den Einsatz von Pflanzenfasern interessieren. Zusätzlich sollen diese Angaben den Prozess des Informations- und Rohstoffaustauschs zwischen Anbau und Verarbeitung von und den Handel mit landwirtschaftlichen Fasern fördern. Dementsprechend orientiert sich diese Marktanalyse in erster Linie an den Bedürfnissen der Industrie, ist aber auch für Leute aus der landwirtschaftlichen Praxis, Organisationen und Institutionen bestimmt, die sich mit dem Thema der nachwachsenden Rohstoffe in der Industrie beschäftigen.

2 GRUNDLAGEN

2.1 BESCHREIBUNG UND AUFBAU DER MARKTANALYSE

Die vorliegende Marktanalyse beschreibt die Märkte der Schweiz für ausgewählte Produktlinien, in denen Fasern der Pflanzen Chinaschilf, Flachs, Hanf und Kenaf eingesetzt werden können. Die Beschreibung konzentriert sich auf typische *quantitative* und *qualitative* Charakteristika der Märkte.

Für die quantitative Beschreibung wurden Marktparameter wie Export-/Import-Mengen, Marktvolumina und Produktionsmengen aus verschiedenen Quellen zusammengefasst und tabellarisch dargestellt (Abbildung 1). Für diese Art der Angaben wurden keine eigenen Erhebungen durchgeführt, sondern auf vorhandenes Datenmaterial zurückgegriffen, hauptsächlich auf Daten des Bundesamtes für Statistik, der Oberzolldirektion, der Branchenverbände und einzelner Firmen. Die Qualität des vorhandenen statistischen Materials der verschiedenen Branchen ist sehr unterschiedlich: In Branchen mit mehreren Verbänden ohne zentralen Dachverband musste teilweise auf eine genauere Beschreibung einzelner Parameter verzichtet werden.

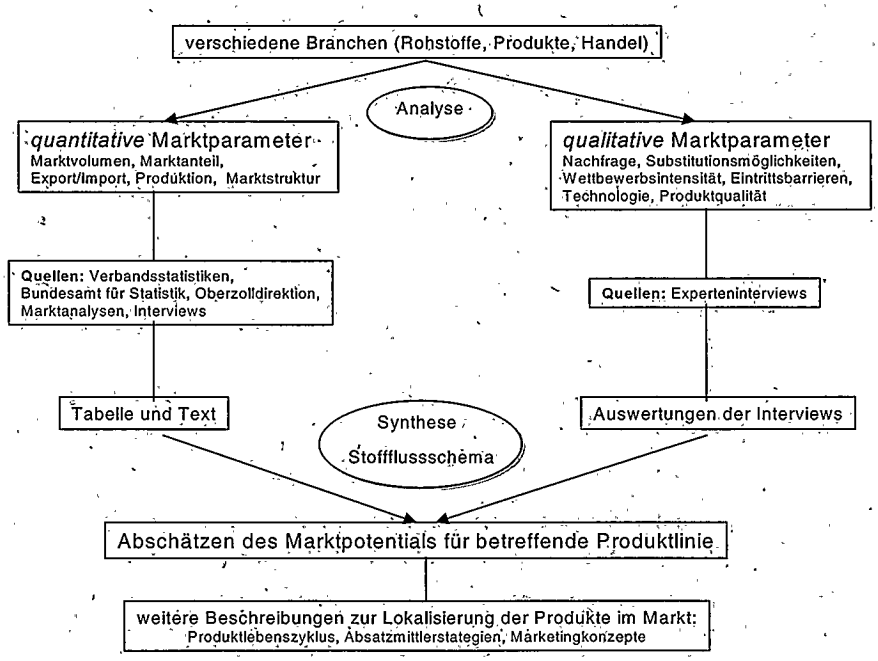


Abbildung 1. Aufbau der Marktanalyse

Der eigentliche Schwerpunkt der Marktanalyse betrifft die Beschreibung der qualitativen Marktparameter, die zum Beispiel Angaben über die Substituierbarkeit von Rohstoffen oder Technologien, die technische Realisierbarkeit von Produkten aus Pflanzenfasern, oder die preisliche Konkurrenzfähigkeit innerhalb der Produktepaletten enthält. Diese Angaben entstammen den Auswertungen von telefonisch durchgeführten Experteninterviews (Abbildung 1). In Tabelle 5 sind die relevanten Branchen und die Anzahl der pro Branche durchgeführten Interviews aufgeführt, aufgeteilt nach den untersuchten Branchensegmenten. Als ‚Exper-

tinnen' und ‚Experten' gelten hierbei die in der industriellen Produktion, dem Handel oder der Verwertung tätigen interviewten Personen. Die meisten von ihnen sind im Bereich des Marketings, des An- und Verkaufs oder als Techniker tätig und wurden von den Firmenzentralen als kompetente Interviewpartnerinnen und -partner vorgeschlagen, nachdem unser Projekt vorgestellt worden war. Wichtig ist, dass die Ergebnisse der Umfrage somit die Ansichten der Industrie repräsentieren und nicht die der Landwirtschaft oder der staatlichen Institutionen. Hinzu kommen eine Reihe von Interviews mit Fachleuten, deren Tätigkeit sich nicht in die Branchensegmente einfügen lassen, die aber über Erfahrungen und Kenntnisse beim Einsatz von Pflanzenfasern in der Industrie verfügen.

Um die Diversität der Marktstrukturen zu berücksichtigen, wurden Firmen mit unterschiedlichen Marktanteilen (Gross-, Mittel- und Kleinbetriebe) kontaktiert. Zudem wurden Produktions-, Verarbeitungs- und Handelsfirmen befragt. Neben Firmen, die bereits nachwachsende Rohstoffe einsetzen oder zumindest daran interessiert sind, wurden auch solche befragt, bei denen ein Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen nicht in Aussicht steht, da wir in diesen Fällen eine andere Einschätzung bezüglich der qualitativen Parameter erwarteten.

Tabelle 5. Anzahl durchgeführter Interviews in verschiedenen Branchensegmenten

Branche	Produktlinie/ Branchensegment	Anzahl interviewter Firmen
Zellstoff- und Papier	Zellstoffproduktion	1
	Produktion diverser Papiere	11
	Papierhandel	12
Textilien	Spinnereien/Zwirnereien	8
	Webereien	8
	Verarbeitung	4
	Handel	10
Baubranche	Lehmbau, (Lehm-) Verputze	9
	faserverstärkter Beton	4
	Spanplattenproduktion	2
	Baumärkte	2
	Dämmstoffproduktion und Handel	13
	Prod. von Hanfbauelementen	1
	Architekten; Bauökologie	4
Gartenbau; -artikel	Baumschulen, Gärtnereien	10
	Gartencenter	5
	Produktion von Mulch und Torfersatz	3
	Produktion von Kunststoffen für Gartenbau	5
	Geotextilien	5
Kunststoffe	diverse Produktlinien	30

Durch dieses Vorgehen weisen die Aussagen aus den Interviews allerdings unterschiedliche Grade an Objektivität auf, da sich, je nach Firmenzugehörigkeit, die Expertinnen und Experten unterschiedlich intensiv mit dem Thema der Faserpflanzen auseinandergesetzt haben. In der Regel handelt es sich also bei den rein qualitativen Einschätzungen (also nicht bei Kenndaten), auch aufgrund der spezifischen Interessen der befragten Firmen, um eher subjektive Aussagen, die aber dennoch Einfluss auf die Marktgestaltung haben.

Für die Interviews wurde ein im Prinzip auf alle Branchen anwendbarer Interviewleitfaden zusammengestellt (Abbildung 2 und Anhang). Die Fragen an Handelsbetriebe wurden angepasst, indem weniger auf die Rohstoffpreise oder technischen Modifikationen im Falle einer Rohstoffsubstitution eingegangen wurde, sondern Aspekte wie Angebot- und Nachfragedynamik sowie Marketingkonzepte betont wurden. In Anlehnung an Smeder und Liljedahl (1996) und aufgrund des häufigen Pioniercharakters der Märkte für die hier untersuchten

Faserpflanzen wurde das offene Gespräch anhand des Interviewleitfadens einer quantitativen Umfrage mit verschickten Fragebögen vorgezogen; die Interviews waren somit allerdings nur begrenzt statistisch auswertbar.

Die untersuchten Produktlinien und die entsprechenden Branchen wurden anhand bisheriger Erfahrungen im Bereich der industriellen Einsatzmöglichkeiten nachwachsender Faserrohstoffe und anhand der Studie ähnlicher Projekte aus Westeuropa (zum Beispiel nova *et al.* 1996; Sell und Thalmann 1998) ausgewählt. Die Auswahl und Zusammenstellung der Interviewfragen in Kategorien (zum Beispiel Fragen zur Technik, Ökonomie oder Marketing) geschah einerseits anhand von Angaben in der Literatur (nova *et al.* 1996, Ahsen und Czenskowsky 1996, Bruhn 1997, Kotler 1978, Kühn und Frankhauser 1996) und andererseits nach eigener Methode (Sell 1998, unveröffentlicht). Damit konnte eine grosse Bandbreite der Aspekte abgedeckt werden, die für die schweizerische Pioniermarktsituation im Bereich der nachwachsenden landwirtschaftlichen Faserpflanzen relevant sind.

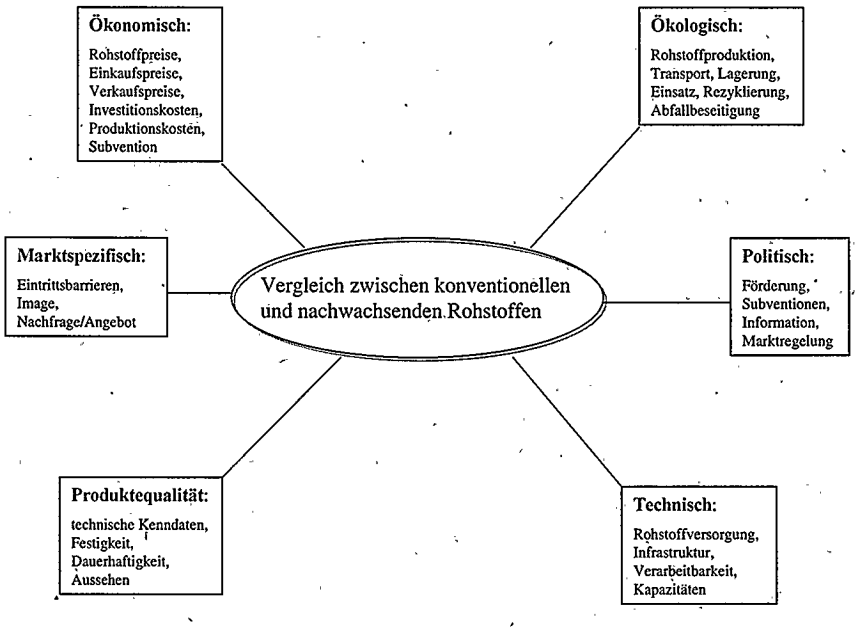


Abbildung 2. Themen im Interviewleitfaden

Für die Auswertung und die Darstellung der Ergebnisse wurden Begriffsdefinitionen gemäss Tabelle 6 verwendet.

Tabelle 6. Definitionen von verwendeten Begriffen

Technische Realisierbarkeit Aufwand der technischen Umsetzung der Produkte (Beispiel: hoher Aufwand = geringe Realisierbarkeit)
Ökonomische Konkurrenzfähigkeit Wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit (z.B. Rohstoffpreise, Produktionskosten)
Wertschöpfung Ausmass der Wertzunahme des Rohstoffs durch die Produktrealisierung (Beispiel: Werden die Fasern fein aufgeschlossen und in mehreren Schritten zu speziellen Werkstoffen verarbeitet, ist die Wertschöpfung grösser als im Falle naturbelassener Rohstoffe)
Marktpotential Mögliches, realisierbares Marktvolumen; an Bedingungen geknüpft (Beispiel: welcher Anteil konventioneller Rohstoffe kann aus ökonomischer oder technischer Sicht substituiert werden)

2.2 FASERPFLANZEN

2.2.1 CHINASCHILF

Chinaschilf (*Miscanthus sinensis* „Giganteus„ FOESTER, *Miscanthus* x *giganteus* GREEF et DEU, *Miscanthus* x *ogiformis* HONDA) ist eine mehrjährige, sterile Grasart aus Südostasien, die sich vegetativ über Rhizome fortpflanzt Sie kann auch mittels Meristemtechnik vermehrt werden (Lewandowski 1992). Als perennierende C4-Pflanze soll sie unter guten Bedingungen besonders hohe Erträge liefern, weswegen sie als möglicher nachwachsender Faser- und Energierohstofflieferant in den letzten Jahren vermehrt in Betracht gezogen wurde.

Die Chinaschilf-Setzlinge werden in Gewächshäusern herangezogen und zwischen Ende April und Mitte Mai ausgepflanzt. Im ersten Wachstumsjahr gilt die Pflanze als besonders empfindlich und unkrautanfällig (Mediavilla *et al.* 1997), weswegen die späteren Erträge vom Anbauerfolg des ersten Jahres abhängen. Eine mechanische oder chemische Unkrautbekämpfung ist deshalb im ersten Jahr besonders wichtig. Unter schweizerischen klimatischen Verhältnissen sollte der Anbau unterhalb 700 Meter über Meer erfolgen und verdichtete Böden, die zur Staunässe neigen, gemieden werden. Die Standdichte beträgt etwa eine Pflanze pro Quadratmeter. Chinaschilf hat einen geringen Düngerbedarf, was teilweise auf die winterliche Teilentlaubung und spätere Zersetzung der so entstehenden Mulchschicht zurückgeführt werden kann (Himken *et al.* 1997). Der hohe Wasserbedarf der Pflanzen kann limitierender Ertragsfaktor sein. Die Ernte der Stengel erfolgt zwischen Februar und April. Sie ist relativ einfach und kann mit normalen Balkenmähern oder auch Maishäckslern durchgeführt werden. In der Schweiz können 10 bis 15 t Trockenmasse pro Hektare erwartet werden (Mediavilla *et al.* 1997).

Die grösste Anbaufläche von Chinaschilf in Europa befindet sich zur Zeit mit 284 ha in der Schweiz (Tabelle 4). Die Eignung von Chinaschilf wurde für verschiedene Anwendungen in der Industrie untersucht, z. B. als Zugabe in Spanplatten (Tröger *et al.* 1998), für die Produktion von Zellstoff (Oggiano *et al.* 1997), als Einstreumaterial, für die Verstärkung von Kunststoffen (Werner und Köhler 1994) oder als Torfersatz (Autorenkollektiv 1997). Für textile Anwendungen ist die Faser aufgrund ihrer geringen Länge (1,5 mm) nicht geeignet.

2.2.2 FLACHS

Flachs oder Lein (*Linum usitatissimum* L.) ist eine alte Kulturpflanze, die auch in der Schweiz bis zum Zweiten Weltkrieg häufig angebaut wurde. Unterschieden werden bei dieser einjährigen Bastfaserpflanze der kleinwüchsige Öllein und der hochwüchsige Faserlein (Flachs). Von beiden Typen existieren mehrere Sorten. Daneben gibt es auch Doppelnutzungssorten (Scheer-Triebel *et al.* 1997). Die Drillsaat erfolgt zwischen Mitte März und Mitte April. Wie beim Hanf werden die Fasersorten dichter angebaut als die Samensorten, mit bis zu 2000 Körnern pro Quadratmeter (Ammon *et al.* 1996). Flachs gilt als unkrautanfällig und Ertragseinbussen können auch aufgrund zahlreicher Schädlinge erfolgen. Hingegen stellt die Pflanze keine hohen Ansprüche an den Boden, ungeeignet sind nur stark verdichtete oder sehr steinige Böden (Langer 1996) sowie Böden, die eine starke N-Mineralisierung aufweisen (Humusböden).

Die Stengelerträge hängen bei Flachs von verschiedenen Anbauparametern ab. Die Erträge im niederländischen Flachsanbau liegen bei 5 bis 6 t Trockenmasse/ha, was etwa 1,5 t Bastfasern entspricht (Meijer *et al.* 1995). Für eine gute Faserqualitäten wird als Ernteverfahren das aufwendige Raufen (Scheer-Triebel *et al.* 1997) empfohlen, bei dem die Pflanzen mit den Wurzeln ausgerissen werden und anschliessend zur Feldröste liegen bleiben. Mit neueren Technologien konnte die Ernte rationalisiert werden (Weigelt 1992, Heier *et al.* 1998). Die Fasern erreichen bei Verwendung moderner Aufschlusstechnologien so gute Qualitäten, dass sie, wie traditionelle Langfasern, im Textilienbereich eingesetzt werden können (nova *et al.* 1996).

Neben dem traditionellen Markt für Leinen im Bekleidungs- und Heimtextilienbereich werden die Fasern als technische Textilien (Barthold *et al.* 1994), als Dämmstoff im Hausbau (Murphy *et al.* 1997) oder als Armierung in faserverstärkten Kunststoffen, zum Beispiel in Automobilbauteilen (Schäfer 1998) oder in Kombination mit abbaubaren Biopolymeren (Keller *et al.* 1997) eingesetzt.

2.2.3 HANF

Hanf (*Cannabis sativa* L.) ist eine einjährige und ursprünglich zweihäusige Bastfaserpflanze, mit früh blühenden männlichen und später blühenden weiblichen Pflanzen. Um die Ernte zu vereinfachen, führten die Züchtung der letzten Jahrzehnte zu meist einhäusigen Industriesorten. Allgemein wurden in den letzten Jahren in Zentral- und Osteuropa verschiedene Sorten mit unterschiedlichen Ausprägungen gezüchtet, die sich grob in Samen- und Fasersorten unterteilen lassen. Die meisten dieser Sorten sind entweder aufgrund von Zulassungsbestimmungen (Europäische Union[1]) oder Subventionszahlungen (Schweiz[2]) arm an der psychoaktiven Substanz THC. Eine Zusammenfassung der umfangreichen, in der Schweiz durchgeführten Sortenversuche mit der Beschreibung wichtiger Sorteneigenschaften befindet sich in Bassetti *et al.* (1998).

Die Standortansprüche der Hanfpflanze entsprechen den klimatischen und bodenbezogenen Verhältnissen in Zentraleuropa. Am besten eignen sich tiefgründige, humusreiche Böden, aber auch schwere Böden, solange sie nicht zur Staunässe neigen (Bassetti *et al.* 1998). Hanf lässt sich gut in die üblichen Fruchtfolgen eingliedern. Jede Vorfrucht deren Kultivierung nicht zu starken Bodenverdichtungen führt, ist geeignet. Hanf selber wird als Vorfrucht geschätzt, da er, falls dicht gesät, das Unkraut effizient unterdrückt und einen gut strukturierten Boden hinterlässt (El Bassam und Jakob 1996). Durch die Unkrautunterdrückung und der geringen Anfälligkeit gegenüber Schädlingen ist der Bedarf an Pflanzenschutzmitteln sehr gering. Der relativ grosse Düngerbedarf von Hanf wurde mehrfach untersucht und zum Beispiel in Sell und Thalmann (1998) oder Mediavilla *et al.* (1998) beschrieben.

Hanf wird von Mitte April bis Mitte Mai ausgesät, wobei die Saatdichte und -technik von der späteren Nutzung abhängt: Faserhanf wird dichter als Samenhanf gesät (El Bassam und Jakob 1996, Bassetti *et al.* 1998). Wichtig für den Ertrag ist auch der optimale Erntezeitpunkt, der von den angepflanzten Sorten abhängt.

---

[1] In der EU sind zum Anbau nur Sorten zugelassen, deren THC-Gehalt (Δ9-Tetrahydrocannabinol) weniger als 0.3 % des Blütentrockengewichts ausmacht.

[2] In der Schweiz sind grundsätzlich alle Sorten zum Anbau zugelassen, sofern sie einer nicht drogenmässigen Verwendung zugedacht sind. Subventioniert werden allerdings nur einzelne THC-arme Sorten (Bundesamt für Landwirtschaft 1999).

Der höchste Stengelertrag fällt in der Regel mit dem Zeitpunkt der Blüte zusammen, im Schweizer Mittelland je nach Sorte zwischen Mitte August und Mitte September. Die Erntetechnik bei Hanf hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt. Anstelle der Langfasertechnik, bei der die Stengel bis zum Aufschluss ganz und parallel bleiben, tritt die Wirrfasererntelinie, bei der die Stengel ökonomischer und rascher aufbereitet werden können. Dies ist häufig gekoppelt mit einer Vorzerkleinerung oder einer Feldentholzung. Die Wirrfaserernteline genügt eher den Ansprüchen einer kostengünstigen, industriellen Faserproduktion als die Langfasergewinnung. Eine Übersicht zu verschiedenen Erntezeitpunkten und -verfahren befindet sich in Bassetti *et al.* (1998). Die Erträge sind sehr unterschiedlich für verschiedene Sorten und Anbaubedingungen. In der Schweiz werden von einer Hektare durchschnittlich 8 t Trockenmasse Stroh und daraus rund 3 t Bast oder 2 t Bastfasern gewonnen.

Die Literatur und Untersuchungen zu industriellen Einsatzmöglichkeiten von Hanffasern sind reichhaltig und zahlreich. Es zeigt sich allerdings, dass viele der häufig genannten möglichen Produkte aus marktspezifischen, ökonomischen oder technischen Gründen keine Chance der Realisierung haben. Mit der Zeit haben sich Produktlinien herausgebildet, denen allgemein in der zentraleuropäischen Industrie die besten Zukunftschancen zugebilligt werden. Die hier untersuchten Produktlinien gehören dazu. Eine umfangreiche Studie über die Realisierungsmöglichkeiten und Marktchancen verschiedener Hanfproduktlinien in Deutschland wurde von nova *et al.* (1996) durchgeführt. Einen Überblick über die Verhältnisse in der Schweiz liefern auch Sell und Thalmann (1998).

2.2.4 KENAF

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) ist eine Bastfaserpflanze, die zu den Malvengewächsen gehört und aus Afrika stammt. Als nachwachsender Rohstoff wird Kenaf zur Zeit hauptsächlich in Thailand, Indien, Pakistan und den USA angebaut. Kenaf hat einen hohen Wärmebedarf und kann in Zentraleuropa angebaut werden, ist hier jedoch nur einjährig (Mediavilla *et al.* 1997). Wegen des hohen Temperaturbedarfs für die Keimung (mindestens 12°C) erfolgt die Saat erst Ende Mai bis Mitte Juni. Aufgrund des langsamen Wachstums ist Kenaf, zumindest wenn er in kühleren Lagen angebaut wird, in der ersten Wachstumsphase sehr unkrautempfindlich (Serafin und Ammon 1996). Untersuchungen an der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau zeigten zudem, dass Kenaf anfällig für Grauschimmel ist, der zu grossen Schäden führen kann (Mediavilla *et al.* 1997).

Unter sehr guten Anbaubedingungen können in der Schweiz Stengelerträge von rund 8 t Trockenmasse/ha erreicht werden, das entspricht 3 t Bast oder 1,5 t Bastfaser (Mediavilla *et al.* 1997). In Durchschnitt aber liegen die Stengelerträge bei 5 t Trockenmasse und knapp 1 t Bastfasern pro Hektar. Dies entspricht den durchschnittlichen Erträgen in Italien (Venturi und Amaducci 1994). Unter optimalen Bewässerungsbedingungen und längerer Vegetationszeit konnten in Italien sogar Erträge bis 20 t Trockensubstanz/ha erzielt werden (Mambelli und Grandi 1995). Kenaf stellt wenig Ansprüche an den Boden, geeignet sind vor allem Böden bei denen die Unkrautbekämpfung einfach ist. Zudem scheint Kenaf nur gering stickstoffbedürftig zu sein (Manzanares *et al.* 1997). Die Kenaferne erfolgt im Schweizer Mittelland zwischen Dezember und Ende Januar. Es werden reihenunabhängige Maishäcksler oder Balkenmäher empfohlen (Ammon *et al.* 1996).

Ein wichtiger Vorteil von Kenaf gegenüber anderen Bastfaserpflanzen ist der Faseraufschluss, der ohne vorherige Röste rein mechanisch erfolgen kann (Mediavilla *et al.* 1997). Der Einsatz von Kenaf wurde in den USA erfolgreich erprobt als Papierrohstoff (Aziz *et al.*

1998) und als Wachstumssubstrat (Pill *et al.* 1995), in der Schweiz wurden abbaubare Mulchfolien für den Gartenbau hergestellt (Terbatec 1995).

2.2.5 FASERAUFSCHLUSS UND -EIGENSCHAFTEN

Hanf, Flachs und Kenaf gehören, im Gegensatz zu Chinaschilf, zu den Bastfaserpflanzen. Die Bastfasern werden aus dem Stengel gewonnen, in welchem sie in längsgerichteten Faserbündeln mit verstärkender Funktion ringförmig angeordnet sind (Leupin 1996). Sie liegen in den äusseren Schichten des Stengels, im Gegensatz zum inneren Holzteil, der in Form von Schäben (kleine Stücke von ca. 0.5 cm Länge) genutzt werden kann. Beim gräserartigen Chinaschilf hingegen sind die Faserbündel über den ganzen Querschnitt verteilt.

Die Bastfasern sind länger und cellulosereicher als die verholzten Teile und werden für die meisten technischen Anwendungen bevorzugt (Tabellen 7 und 8). Vor den meisten Anwendungen müssen allerdings zunächst die Faserbündel, unter Umständen auch die Fasern selber, vereinzelt werden, indem die wie Kitt wirkenden Substanzen Lignin, Hemicellulosen und Pektine - zumindest teilweise - herausgelöst werden. Die Verhältnisse verschiedener Kittsubstanzen zum Celluloseanteil der Fasern gibt einen Anhaltspunkt für die nötige Intensität bzw. die Ausbeute des Aufschlusses.

Tabelle 7. Faserzusammensetzung verschiedener pflanzlicher Faserrohstoffe (Anteile [%])

	Cellulose	Hemicellulosen	Pectin	Lignin
Flachs (Bastfasern)	64 – 71,2 [b, e]	18,6 [b]	2,0 [b]	2 – 15 [b, e]
Chinaschilf	35 – 40 [e]	28 [e]		10 – 15 [e]
Hanf (Bastfasern)	55 – 74,4 [a, b, d]	11 – 19 [a, b, d]	0,9– 18 [b, e]	2,3 – 4,7 [a, b, d]
Kenaf	31 – 59 [c, e]	18 – 20 [c]	4,5 – 5 [c]	6,8 – 19 [c, e]
Baumwolle	83 – 91,9 [c, d]	3,2 – 5 [b, c]	0 – 3,2 [b, c]	0
Nadelholz	40 – 45 [e]	24 [c]	0	26 – 34 [e]

Quellen: [a] Garcia-Jaldon *et al.* (1998); [b] Leupin (1996); [c] Mambelli (1994); [d] nova *et al.* (1996); [e] Werner und Köhler (1994)

Für den Aufschluss (Degummierung) wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Sie können grob in traditionelle (Wasserröste mit mechanischem Langfaseraufschluss), chemische (Beispiele: Organosolv, Acetosolv), mechanische (Beispiele: Temafa, Charle/La Roche, Bahmer), physikalisch-chemische (Beispiele: Ultraschall, Dampfdruck) und biologische (mittels Enzymen von Mikroorganismen) Verfahren gegliedert werden. Übersichten zu diesen Verfahren finden sich in nova *et al.* (1996), Nowotny (1996) und Sell und Thalmann (1998). An der FAL wird zur Zeit ein Verfahren mit Enzymen von Mikroorganismen entwickelt, das zu ökonomisch konkurrenzfähigen, hochwertigen Fasern führen soll.

Die separierten Fasern verschiedener Pflanzen weisen sehr unterschiedliche Ausprägungen auf in Kenngrössen, die für verschiedene technische Anwendungen von Bedeutung sind. Die chemischen und technischen Eigenschaften von Fasern liefern so erste Hinweise für mögliche Einsatzorte bzw. für die Eigenschaften der Produkte. Zum Beispiel sprechen die geringen Ligningehalte der Bastfasern im Vergleich zu Nadel- oder Laubholz für die Möglichkeit einer bezüglich dem Aufschluss rationelleren Papierherstellung (das Lignin wird beim Aufschluss herausgelöst). Die hohe Steifheit (E-Modul[3]) der Flachs- und Hanffasern kann in be-

[3] Elastizitätsmodul: Je höher der Wert desto elastischer ist die Faser

stimmten Verbundwerkstoffen genutzt werden, in denen Glasfasern eingesetzt werden (Tabellen 7 und 8).

Die Zusammensetzung der Fasern und deren Eigenschaften variieren zusätzlich zur Pflanzenart - mit verschiedenen Parametern wie zum Beispiel der angebauten Sorte, dem Erntezeitpunkt, der Saatdichte und dem Düngereinsatz oder den klimatischen und bodenbezogenen Anbaubedingungen. Diese Variabilität der Faserqualitäten, die mehr oder weniger gut kontrolliert werden kann, wird häufig als Nachteil empfunden, speziell in der modernen Industrie mit grossen Produktionskapazitäten, die die Homogenität anderer Rohstoffe bevorzugen. In der Textilindustrie beispielsweise gilt die geringe Variabilität der Fasergrösse der Baumwolle als Vorteil. Besonders im Fall von Substitutionen konventioneller Fasern, deren Verarbeitungstechniken in hohem Masse optimiert sind, können die spezifischen Qualitäten der verschiedenen Pflanzenfasern nur sehr beschränkt genutzt werden, da eine Anpassung an die vorhandenen Maschinen und Produktqualitäten in der Regel nötig ist. In der Textilindustrie führte diese Angleichung zur Kotonisierung von Flachs- oder Hanffasern, die eine Verarbeitung in Baumwollspinnereien ermöglichte. Andererseits wird die Vielfalt pflanzlicher Fasern auch als Chance eingeschätzt (Kohler und Wedler 1995), da durch die - zumindest bedingte - Kontrollierbarkeit anwendungs- oder herstellungsorientierte Fasern produziert werden können.

Tabelle 8. Technische Kennwerte von verschiedenen Pflanzenfasern und Glasfasern

	Länge [mm]		Durchmesser [µm]		Dichte	Reissfestigkeit	Elastizität-Modul (Zug)	Bruchdehnung
	Faser	Bündel	Faser	Bündel	[g/cm^3]	[cN/tex]*	[cN/tex]	[%]
Chinaschilf	1,4 – 1,5 [c, i]		15 [e]					
Flachs	22 – 33 (20 – 40) [g, i]	200 – 1500 [g]	19 – 25 [f, g]	40 – 620 [g]	1,4 – 1,5 [a, l, e, g, h]	50 – 100 (35 – 100) [a, d, e, f, i]	800 – 1000 (2000 – 2500) [a, i] 38 kn/mm^2 [k] (DA)	1,5 – 3 (1,4 – 4) [a, d, e, i] 1,2 [k] (DA)
Hanf	15 – 20 (5– 55) [g, f, g]	1000 – 3000 [g]	22 – 25 [f, g]		1,4 – 1,5 [e, g, h]	41 [k] (DA)	30 kN/mm^2 [k] (DA)	2;0 – 2,1 [d, k]
Kenaf	1 – 2,6 [h]		14 – 33 [f]			62 [k]	53 kN/mm^2 [k]	1,6 [k]
Baumwolle	20 – 30 [g]	–	15 – 19 [g]	–	1,5 [i]	25 – 50 [i]	300 – 600 [i]	6 – 10 [d, i]
Brennnessel	5 – 55 [f]	19 – 80 [f]	20 – 80 [f]		1,5 [l]	49 [l]	65 kN/mm^2 [l]	1,2 [l]
Jute	0,9 – 6 [f]	150 – 360 [f]	18 – 20 [f, g]	30 – 140 [g]	1,4 [h]			
Ramie	40 – 250 [f]	> 1500 [f]	40 – 50 [f, g]	60 – 9040 [g]	1,4 [h]			
Sisal	0,8 – 8 [f]	600 – 1000 [f]	21 – 23 [g]	100 – 460 [g]	1,2 – 1,5 [h]			
E-Glasfaser	beliebig		8 – 20 [b]		2,5 [a, l, e, g]	40 – 140 (35 – 140) [a, e, k]	2800 – 3400 (2500 – 3400) [a, l]	1,5 – 3 (1,3 – 5) [a, e, k, i]

Quellen: [a] Barthold (1994); [b] Batzer (1984); [c] Faix und Bremer (1988); [d] Garcia-Jaldon *et al.* (1998); [e] Kohler und Wedler (1994); [f] Langer (1998); [g] Leupin (1996); [h] Mambelli (1994); [k] nova *et al.* (1996); [i] Werner und Köhler (1994); [l] Wurl und Vetter (1994);

DA: Dampfaufgeschlossene Fasern

*Umrechnungsfaktor auf die spezifische Reissfestigkeit: cN*tex^{-1}*10*Dichte = N*mm^{-2}

3 ERGEBNISSE

3.1 ZELLSTOFF- UND PAPIERBRANCHE

Neben den weltweit in dieser Branche weitaus am meisten verwendeten Holzfasern können auch landwirtschaftliche Fasern für die Papierherstellung eingesetzt werden. Früher bildeten diese sogar das hauptsächliche Ausgangsmaterial für Zellstoffe und Papiere, bevor sich die Nutzung von Holz durchsetzte. Die nutzbaren landwirtschaftlichen Fasern führen dabei, gemäss ihren unterschiedlichen Eigenschaften, zu sehr verschiedenen Papierqualitäten, die besondere Einsatzbereiche ermöglichen.

Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich mit der Verwendung von Flachs (Dixit 1998, Martinez *et al.* 1998), Kenaf (Ahmed *et al.* 1998, Baldo 1993, Figueiredo und Baptista 1995, Senft 1988), Chinaschilf (Autorenkollektiv 1997, Oggiano *et al.* 1997, Weissmann und Lange 1991) und Hanf (de Groot 1995, de Meijer und van der Werf 1994, Garcia-Jaldon *et al.* 1998, van Roekel 1994, Tjeerdsma *et al.* 1994) in der Zellstoff- und Papierindustrie. In diesen Arbeiten werden die Eignung und resultierenden Zellstoff- bzw. Papierqualitäten der jeweiligen Fasern beschrieben sowie allfällige technische Modifikationen bei ihrem Einsatz auf konventionellen Anlagen, und verschiedene Faseraufschlussmethoden, die eigens für Bastfasern entwickelt wurden, diskutiert.

3.1.1 ZELLSTOFFMARKT

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

Die Zellstoffproduktion in der Schweiz ist relativ gering. Als einziger Betrieb stellt die Cellulose Attisholz AG Zellstoffe im Sulfitverfahren her. Die Produktion nahm von 1995 bis 1997 auf 160'000 Tonnen zu. Der Import vom Zellstoff beträgt rund das Dreifache dieser Menge. Als Rohstoffquelle der Zellstoffindustrie dienen vorwiegend Sägereiabfälle, inländisches Rundholz und Altpapier (Tabelle 9).

Die Zellstoffproduktion in der Schweiz ist in zweifacher Hinsicht speziell: Es wird hochqualitativer Zellstoff hergestellt (im Gegensatz zu reinem Massenzellstoff) und die bei der Zellstoffproduktion anfallenden Reststoffe werden wieder verwendet oder zu Sekundärprodukten (zum Beispiel Hefe für die Nahrungsmittel- und Futterindustrie, Sprit und verschiedene Ligninverbindungen) aufbereitet (Abbildung 3). Beide Besonderheiten können als Antwort auf den zunehmenden Preisdruck im Weltmarkt betrachtet werden. Neben den hochqualitativen Zellstoffen für konventionelle Papiere sollen zukünftig auch veredelte Spezialitäten für chemische Anwendungen hergestellt werden (Euwid 1998).

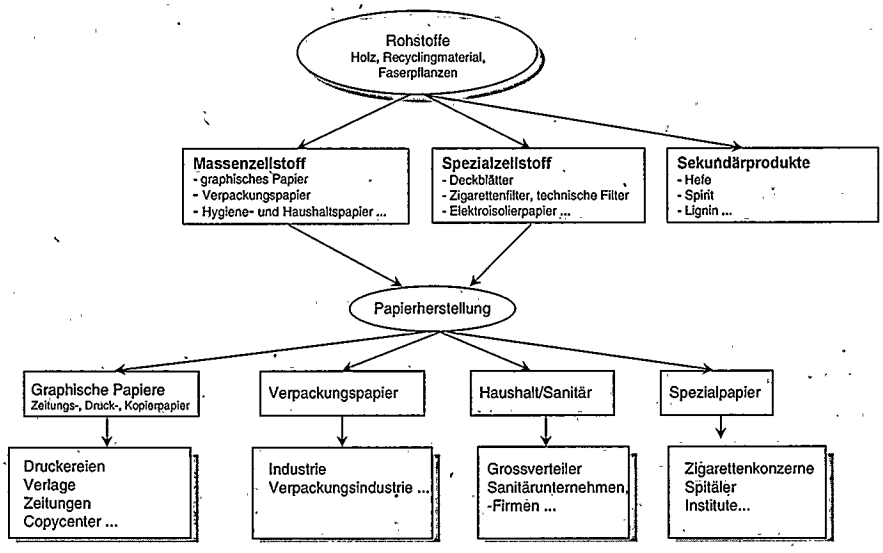


Abbildung 3. Schema für Papier- und Zellstoffbranche

Tabelle 9. Quantitative Überblick über die Zellstoff- und Papierindustrie in der Schweiz

Rohstoffe						
Sortimente	Mengen	Produktion : Einfuhr				
Rundholz	355'000 m^3	12,2				
Sägereiabfälle	480'000 m^3	1,6				
Altpapier	1'003'000 t					
Füllstoffe	260'000 t					
Produktion und Handel						
Sortimente	Produktion [1000 t]	Verbrauch [1000 t]	Einfuhr [1000 t]	Ausfuhr [1000 t]	Produktion : Verbrauch / Ausfuhr : Einfuhr	Produktion 1997 : 1995
Zellstoff	160	464	421	116	0,34 / 0,28	1,33
Holzstoff	106	90	3	19	1,18 / 5,75	0,80
Altpapier (Sammlung)	1'003	1'032	243	214	0,97 / 0,88	1,08
Zeitungsdruckpapiere	308	286	96	119	1,08 / 1,24	1,20
Grafische Papiere	461	661	520	320	0,70 / 0,62	1,04
Verpackungspapiere	27	35	29	21	0,77 / 0,72	1,04
Haushalt-, Hygiene-, Spezialpapiere	215	195	112	133	1,10 / 1,19	1,14
Wellpappenrohpapiere	375	255	105	225	1,47 / 2,14	1,08
Karton	197	165	102	134	1,19 / 1,31	1,17
Preise und Anteile						
Sortimente	Marktpreis [CHF/t]	Anteil Produktion [%]		Anteil Verbrauch [%]		
Zellstoff	660 – 870	12,3		29,3		
Holzstoff		8,4		5,7		
Altpapier (Sammlung)	0 – 60	79,3		65,1		
		100		100		
Zeitungsdruckpapiere	830 – 910	19,5		17,9		
Grafische Papiere	1'200 – 1'450	29,1		41,4		
Verpackungspapiere	750 – 850	1,7		2,2		
Haushalt-, Hygiene-, Spezialpapiere		13,6		12,2		
Packpapiere	380 – 550	23,7		16,0		
Karton	550 – 1'600	12,4		10,3		
Design-, Spezialpapiere	6'000 – 8'000					
		100		100		
Hanfpapiere						
Sihl & Eika AG	4'700					
Büropapier						
Biber-Papier AG *						
- 100% Hanf	24'080					
- 60% Hanf	21'140					
- 30% Hanf	18'940					

Quellen: Rohstoffe, Produktion, Handel: ZPK (1997); Preise: EUWID (1998a); Hanfpapier: Sihl & Eika AG; Biber Papier AG (Preise nicht ab Lager sondern Ladenverkauf; Firmenmitteilung 1998)

* Detailpreise

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

In der Zellstoffproduktion wurde von den befragten Fachleuten den landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffen aus mehreren Gründen keinerlei Substitutionspotential zugesprochen. Da die Zellstoffindustrie in der Schweiz unter starkem Kostendruck steht und die Verfahrensoptimierung sich auf die Rohstoffe Fichte und Buche konzentriert, scheint eine Sortimentserweiterung auf Seiten der Rohstoffe zur Zeit unmöglich (Investitionen, neue Verfahrensoptimierung). Dies gilt vor allem solange die Alternativen keine entscheidenden Vorteile bei der Qualität und/oder bezüglich der Einkaufspreise bieten. Nach Ansicht der Attisholz AG trifft im Falle der landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffe keines von beidem zu.

Die Zellstoffpreise schwankten in den letzten Jahren stark und liegen aufgrund des Kostendrucks sehr tief. Gebleichter Sulfatzellstoff aus forstwirtschaftlichen Langfasern aus Kanada und Skandinavien kostete im August 1998 etwa 820 CHF/t, Kurzfaserzellstoff zwischen 670 und 750 CHF/t (Euwid 1998a; vgl. auch Tabelle 9). In Gegensatz dazu wird für Hanfzellstoff aus Spanien im deutschen Markt zwischen 2'500 und 4'000 CHF/t. bezahlt (nova *et al.* 1996). Die Preise des fertigen Sulfatzellstoffs auf Holzbasis liegen in der Grössenordnung der gut entholzten aber noch nicht weiter verarbeiteten Rohfasern von Hanf. Unter diesen Voraussetzungen müsste das Hanfpapier als Spezialität (und nicht als Massenprodukt) aus einheimischer Zellstoffproduktion besondere Vorteile aufweisen, die die hohen Preise rechtfertigen. Die Hersteller sehen bei der Verwendung landwirtschaftlicher nachwachsender Rohstoffe aber eher Nachteile in folgenden Bereichen:

Rohstoffbeschaffung: Die landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffe fallen saisonal an, während die Zellstoffindustrie 365 Tage pro Jahr in Betrieb ist. Die saisonale Ernteeinbringung führt zu logistischen und ökonomischen Problemen (Lagerhallen, Transport). Zudem sind in der Schweiz die Transportkosten sehr hoch, wodurch ein ökonomischer Vorteil aufgrund des regionalen Anbaus irrelevant würde (Importe von Billiganbietern aus dem Ausland sind günstiger trotz des längeren Transports).

Investitionen: Die Mindestproduktionsmenge (zur Zeit etwa 500'000 t pro Jahr) moderner Zellstofffabriken für Massenzellstoffe in Westeuropa kann allein mit landwirtschaftlichen Rohstoffen nicht erreicht werden. Die Substitution von nur kleinen Sortimenten ist unwirtschaftlich, weil die Investitionen für technische Modifikationen und die Optimierung der Technologie sehr hoch sind.

Ökologische Vorteile: Beim Einsatz von landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffen werden keine ökologischen Vorteile gesehen. Für die Produktion einer nennenswerten Menge müssten Monokulturen angebaut werden, die den Forstplantagen oder der Verwendung von Resthölzern nach Ansicht der Attisholz AG ökologisch nicht überlegen wären.

Nachfrage: Die Anforderungen an die Zellstoffqualität haben sich den Faserqualitäten von Holz angepasst. Es besteht zur Zeit keine Nachfrage nach den spezifischen Faserqualitäten der landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffe.

Diese Nachteile machen einen Einsatz von landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffen in der schweizerischen Zellstoffproduktion zur Zeit unmöglich. Ein Potential wird von den befragten Vertretern der Zellstoffbranche auch zukünftig nicht gesehen.

3.1.2 PAPIERMARKT

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

In der Papier- und Kartonbranche sind in der Schweiz 24 Betriebe tätig. Sie produzieren jährlich rund eine Million Tonnen Papier (grafische Papiere sowie Zeitungs-, Haushalt- Hygiene-, Spezial- und Verpackungspapier), knapp 200'000 t Karton und 375'000 t Wellpappenrohpapier (Tasbelle 9). Die Produktion nahm in den letzten Jahren zu.

Die Mehrheit der Fabriken (14 Fabriken) produziert zwischen 10'000 und 50'000 t/Jahr, was im europäischen Vergleich als geringe Jahresmenge gilt. Sie machen 21% der schweizerischen Produktion aus. Nur sechs Betriebe können als mittelgross bezeichnet werden. Diese sechs Betriebe produzieren zwischen 100'000 und 250'000 t/Jahr und machen einen Produktionsanteil von 63% aus (ZPK 1997).

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Gemäss den fünfzehn durchgeführten Interviews sehen die schweizerischen Papierproduzenten im Allgemeinen zur Zeit kein Potential für eine Produktionserweiterung mittels landwirtschaftlicher Faserpflanzen. Allerdings wurden je nach Produktionsverfahren und aktuell eingesetztem Rohstoff unterschiedliche Gründe für das Fehlen des Potentials angegeben. Besonders deutlich waren die unterschiedlichen Ansichten bei den Vertretern der Holzzellstoff- und Altpapierverwertung.

Zellstoffverwertung: Bei den Firmen, die nur Zellstoff verwerten wurde an erster Stelle mangelnde Qualität (insbesondere Festigkeit, Homogenität und Weissheitsgrad) als Nachteile des Papiers aus landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffen genannt. Hinzu kommen die höheren Rohstoffpreise. Diese Nachteile führen dazu, dass eine Substitution unrealistisch erscheint. Wichtig ist dabei, dass diese Fabriken unter starkem Preisdruck vom Ausland her stehen. Gestrichene grafische Papiere aus Holzzellstoff wurden im zweiten Quartal 1998 mit 1'350 bis 1'450 CHF/t gehandelt, Pressepapiere zwischen 1'000 und 1'350 CHF/t (Tabelle 9, EUWID 1998). Demgegenüber kostet ein aus Deutschland importiertes Hanfpapier für Büroanwendungen (druck- und fotokopietauglich) der Sihl und Eika Papier AG 4'700 CHF/t (Tabelle 9).

Im europäischen Vergleich können kleine Betriebe im Massenpapierbereich (zum Beispiel grafische Papiere) nur mit hochqualitativen Sortimenten und/oder mittels betriebsinternen effizienten Stoffkreisläufen und stark optimierten Verfahrenstechniken bestehen. Die qualitativen Anforderungen an diese Papiere sind dementsprechend hoch. Das Preis-Leistungsverhältnis von Zellstoffen aus landwirtschaftlichen Rohstoffen im Vergleich zu Holz wird als sehr schlecht beurteilt. Hinzu kommen technische Probleme bei der Verarbeitung, insbesondere die geringere Produktionsgeschwindigkeit und die Problematik des saisonal anfallenden Rohstoffs.

Auch im Bereich der Spezialpapiere wird auf Produktionsseite kaum ein Potential erkannt. Dies trifft sowohl für den Bereich der Hygiene-, Haushalts- und Filterpapiere (Kaffee-, und Zigarettenfilter) als auch für die Herstellung von Wertpapieren und Banknoten zu. Im ersten Bereich sind die Tela AG und die Papierfabrik Netstal AG tätig. Für die Tela AG kommt eine

Substitution des Altpapiers bzw. des Zellstoffs aus Holz durch Zellstoff aus landwirtschaftlichen Fasern wegen zu hoher Rohstoffpreise, den aufwendigen technischen Modifikationen und der geringeren Produktqualität nicht in Frage (Bitterli, persönliche Mitteilung 1998). In der Papierfabrik Netstal werden potentielle Einsatzgebiete in der Herstellung von technischen Filterpapieren gesehen, für die die Hanffasern aufgrund ihrer Länge und ihrer Dauerhaftigkeit geeignet seien. Es wurde von einem jährlichen Potential von etwa 5000 t gesprochen (Spörri, persönliche Mitteilung 1998). Als Voraussetzung für einen Einsatz müssten die Rohstoffpreise denen von Holzzellstoff angeglichen werden und/oder deutliche ökologische Vorteile gegenüber Holzzellstoff nachweisbar sein. Die technische Verarbeitung und Modifikationen wurden nicht als wesentliche limitierende Faktoren bezeichnet.

Bei Banknoten und Wertpapieren sind die genauen Zusammensetzungen geheimgehalten, der Fasereinsatz jedoch weitgehend bekannt oder sogar gesetzlich festgelegt. So werden Banknoten aus Baumwollfasern von Baumwollkämmlingen hergestellt, während bei unterschiedlichen Wertpapieren verschiedene Mindestanteile an Baumwolle vorgeschrieben sind. Die Kämmlinge kosten dabei zwischen 2'000 und 3'500 CHF/t und liegen somit knapp über den Rohstoffpreisen für Hanf- oder Kenaffasern. Neben der gesetzlichen Einschränkung sprechen auch die gleichmässige Qualität und kontinuierliche Lieferbarkeit der Baumwolle gegen den Einsatz von einheimischen landwirtschaftlichen Rohstoffen.

Die von den Vertretern der Papierproduktion häufig geäusserte, geringe Einschätzung des Qualitätspotentials von Papieren aus landwirtschaftlichen nachwachsenden Faserpflanzen steht im Widerspruch zu der Einschätzung des Papierhandels (siehe nächstes Kapitel). Auch verschiedene Untersuchungen (Ahmed *et al.* 1998, Autorenkollektiv 1997, Baldo 1993, de Groot 1995, de Meijer und van der Werf 1994, Dixit 1998, Figueiredo und Baptista 1995, Garcia-Jaldon *et al.* 1998, Martinez *et al.* 1998, Oggiano *et al.* 1997, Senft 1988, Tjeerdsma *et al.* 1994, van Roekel 1994, Weissmann und Lange 1991) haben gezeigt, dass aus diesen Fasern ansprechende Qualitäten gewonnen werden können und dass die damit verbundenen Nachteile eher bei den hohen Faser- und Produktionskosten liegen als in der Untauglichkeit der Fasern selber.

Altpapierverwertung: Typische Einsatzbereiche für rezykliertes Altpapier sind - neben mit Zellstoff angereicherten Büropapieren - Zeitungsdruckpapier, Verpackungspapiere, Sortimente der Hygiene- und Haushaltspapiere und Kartons. Europäische Preise liegen zur Zeit bei Zeitungsdruckpapieren zwischen 830 und 910 CHF/t, bei Packpapieren höherer Qualität um 380 bis 550 CHF/t und bei Graukarton um 590 CHF/t (Tabelle 9). Für diese Einsatzgebiete werden meist geringere Qualitätsanforderungen gestellt. Eigenschaften wie Porosität, Bedruckbarkeit, Weissheitsgrad oder Festigkeit spielen je nach Sortiment eine untergeordnete Rolle. Tatsächlich nannten die Experten die Produktqualität als zweitrangige Ursache für die geringen Substitutionschancen durch landwirtschaftliche Fasern. Ausschlaggebend für ihr geringes Potential seien die Rohstoffkosten. Die Preise für Altpapier sind je nach Land zwar unterschiedlich, sie dürften in der Schweiz aber mit denen von Deutschland vergleichbar sein. Somit liegen sie je nach Güte zwischen 0 (gemischte Ballen) und 580 CHF (weisse Couvertspäne), in den meisten Fällen aber unter 60 CHF/t (Tabelle 9, EUWID 1998).

Die Experten aus der Zellstoff- als auch aus der Altpapier-Verwendung sind sich einig hinsichtlich der Auffassung, dass Papier aus einheimischen landwirtschaftlichen Rohstoffen und seine Entstehungsprozesse keine ökologischen Vorteile gegenüber konventionellen Rohstoffen aufweist. Um ökonomisch sinnvoll verarbeitbare Mengen zu gewinnen, müsste der Anbau von Faserpflanzen in grossen Monokulturen geschehen, die, nach Ansicht der mei-

sten Experten, bei einem ökologischen Vergleich mit der Holzbeschaffung schlecht abschneiden würden.

Obwohl die massgeblichsten Nachteile von landwirtschaftlichen Pflanzenfasern gegenüber konventionellen Rohstoffen in grosser Übereinstimmung genannt wurden, waren sich die Experten bei der Frage nach den geeignetsten Sortimenten, in denen die Fasern eingesetzt werden könnten, uneinig. Die Palette reichte von Kunstdruckpapieren über Tissues, verschiedene grafische Papiere und Hygienepapiere bis zu Packpapieren. Dabei wurden alle Sortimente ähnlich häufig genannt. Wie später beschrieben, decken sich diese Einschätzungen nicht mit den im Papierhandel tatsächlich vorkommenden Papiersorten.

3.1.3 PAPIERHANDEL

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

Im schweizerischen Papierhandel sind zahlreiche Firmen tätig, die vom Spezialitätenkleinhandel bis zum Grosssortimenthandel die ganze Bandbreite abdecken. Die Marktstruktur ist viel diverser als in der Produktion und wurde nicht detailliert aufgeschlüsselt. Um eine repräsentative Auswahl zu haben wurde bei den Befragungen darauf geachtet, dass fünf der grössten Betriebe und einige von mittlerer und kleinster Grösse interviewt wurden.

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Im Gegensatz zur Produktion ist im Papierhandel eine Nachfrage nach Papier aus landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffen vorhanden, wobei hauptsächlich Stroh- und Hanfpapiere gehandelt werden. Daran sind einige Klein- und Grosshändler beteiligt. Derzeit werden Hanfpapiere hauptsächlich im Designbereich angewendet, z.T. aber auch in Büropapieren. Die befragten Experten waren sich einig, dass es sich um trendige, vermutlich eher kurzlebige Modeprodukte handelt, die aufgrund ihres speziellen Charakters und nicht aus ökologischen oder qualitätsspezifischen Überlegungen heraus gekauft werden. Derzeit wächst die Nachfrage nach trendigen Spezialitäten, und das Hanfpapier wird hier für einige Zeit einen Absatz finden können. Die anderen untersuchten Faserpflanzen sind unbekannt und werden nicht nachgefragt.

Zwei der grössten Papierhandelsfirmen verfügen über Hanfpapiersortimente (Biber Papier AG, Sihl und Eika AG). Bei der Biber Papier AG werden grossformatige Designpapiere mit verschiedenen Hanfanteilen (25% bis 100%) angeboten (Tabelle 9). Die Nachfrage ist stabil und das Volumen wird kaum über die derzeitigen 5 t/Jahr wachsen (Kohler, persönliche Mitteilung 1998). Das Hanfpapier ist seit drei Jahren im Sortiment und wird hauptsächlich direkt an Druckereien verkauft. Die Sihl und Eika Papier AG, mit 25% Marktanteil die zweitgrösste Papierhandelsfirma der Schweiz, verfügt über ein Hanfpapier für Büroanwendungen (fotokopie- und inkjet-tauglich). Der Anteil des Hanfpapiers am Gesamtsortiment befindet sich im Promillebereich. Die jährlich gehandelte Menge beträgt etwa 5 t (Bigler, persönliche Mitteilung 1998). Das Hanfpapiersortiment befindet sich noch in der Investitionsphase und wurde im Sinne einer Sortimentserweiterung im Spezialitätenbereich aufgenommen. Beide Firmen sind sich einig, dass das Hanfpapier eine Modeerscheinung ist und nicht hauptsächlich auf-

grund hervorragender Eigenschaften sondern wegen seines speziellen Marketingimages gekauft wird.

Firmen die Erfahrungen mit Hanfdesignpapier haben, wenden als Absatzstrategie für dieses Spezialsortiment in der Regel die Direktvermarktung, meist an die Grafikerinnen und Grafiker im Designbereich an. Es wird allgemein ausgeschlossen, dass diese Papiere sich zu Massenprodukten entwickeln werden.

3.1.4 MARKTPOTENTIAL FÜR DIE ZELLSTOFF- UND PAPIERBRANCHE

Im schweizerischen Zellstoff- und Papiermarkt weist von den hier untersuchten Pflanzen nur Hanf ein Einsatzpotential auf, während für die anderen Pflanzen keinerlei Nachfrage besteht. Weiterhin ist das Marktpotential auf die Papierproduktion und den Papierhandel beschränkt, da im Zellstoffbereich ein Einsatz von Hanf auch zukünftig unwahrscheinlich erscheint.

In der Papierproduktion wird im Bereich der technischen Filterpapiere eine Einsatzmöglichkeit gesehen, da die Hanffasern hier über Vorteile in der Dauerhaftigkeit und der Reissfestigkeit verfügen. Allerdings gilt als absolut notwendige Voraussetzung für eine Substitution eine deutliche Senkung der Rohstoffpreise, was zur Zeit kaum möglich ist. Technische Probleme oder die Investitionen für die Anlagemodifikationen gelten als weniger wichtig, wenn die genannten Bedingungen die Nachfrage nach Hanfpapieren fördern. Der Bedarf in diesem Bereich würde 5000 t pro Jahr betragen, was einer Anbaufläche von etwa 1'000 ha entspricht. Allerdings könnten zur Zeit diese Fasern nicht in der Schweiz aufgeschlossen werden, weshalb diese Nachfrage durch Importe gedeckt werden müsste.

Der im Papierhandel vorhandene Hanfbedarf ist ebenfalls gering und kann den Anbau in der Schweiz nicht fördern, da das Papier importiert wird, im wesentlichen aus Spanien, Frankreich, Österreich und Deutschland. Die jährlich gehandelte Menge wird auf 15 bis 20 t geschätzt.

3.2 TEXTILBRANCHE

Die Nutzung von pflanzlichen Fasern zu textilen Zwecken ist historisch gesehen sehr alt. Während früher Hanf und Flachs auch in Zentraleuropa für Stoffe mit vielseitigen Anwendungen verwendet wurden, wurden beide Fasern in der Textilindustrie Ende des letzten und zu Beginn dieses Jahrhunderts zunehmend von importierten Fasern verdrängt, allen voran durch Baumwolle. Besonders im Bereich der feinen Gewebe, die zu Kleidung und Bettwäsche verarbeitet werden, spielt Baumwolle seit dem 19. Jahrhundert weltweit eine dominierende Rolle (Rehm und Espig 1984).

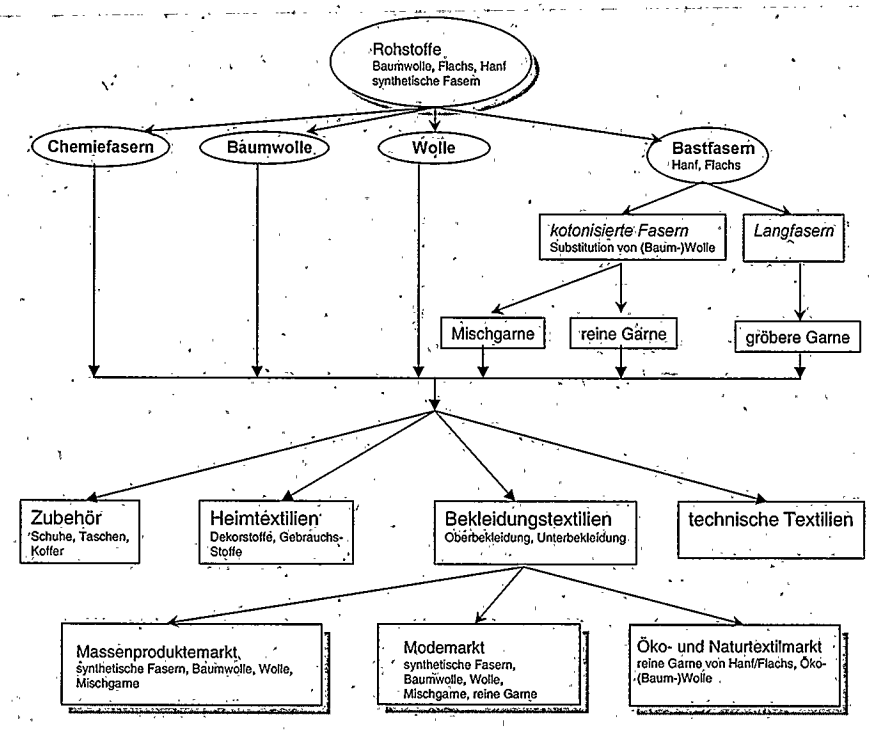


Abbildung 4. Schema für Textilbranche (nur Handel für Bekleidungstextilien dargestellt)

Tabelle 10. Quantitative Beschreibung der Textilindustrie

Sortimente	Produktion	Import [t]	Export [t]	Preise Import [CHF/t]	Preise Export [CHF/t]	Verbrauch
Spinnstoffe						
Baumwolle		34'470	5'704	3'100	3'350	
Chemiefasern		18'269	17'215			
Wolle		5'408	1'853	Schurwolle: 3'900 fein gekämmt: 35'000	6'200 75'000	
Seide		235	55	Abfall: 8500 Grègeseide: 47'000	8'350 37'000	
Flachs		283	10	Werg: 500 geschwungen: 3'000	2'000	
Hanf		12	36	8'000 (roh)	-	
Garne	[t]					**Fasern [t]**
Baumwolle	23'295	9'916	22'903	nicht gekämmt, gezwirnt >714,29 Dezitex: 6'800	16'500	Baumwolle 25'157
Chemische Garne	2'257	23'400	85'000			Chemische Fasern 1'980
Wolle	3'066	2'326	3'666	Kammgarne, > als 85% Wolle, gezwirnt: 21'000	22'000	Wolle 2'323
Seide		176	162	ungebleicht: 60'000	78'000	
Flachs		226	8	ungezwirnt: 9'300 - 15'000 gezwirnt: 8'700 - 26'700	9'000 - 19'500 13'000 - 25'000	
Hanf		4	0	22'000	23'500	
Gewebe	[1000 Lfm]					**Garne [t]**
Baumwolle	36'281	8'476	10'289			Bauwolle 6'293
Chemische Gewebe		9'696	6'700			Chemische Garne 5'647
Wolle		1'233	954			Wolle 381
Seide	} 6'505	150	93	Bourretteseide: 10'000 gefärbt, Buntgewebe 173'500	13'000 250'000	Seide 56
Flachs		229	226	>85% Lein: 19000 <85% Lein: 20'500	35'000 28'000	Flachs 97
Hanf						

Quellen: Textilverband (1997); Aussenhandelsbilanz (1997)

1997 betrug der Umsatz der schweizerischen Textilindustrie etwa 4,4 Milliarden CHF. Einbussen von mehreren Prozenten gegenüber dem Geschäftsjahr 1996 ergaben sich in der Chemiefaserbranche und im Bereich der Teppiche. Grössere Gewinne gegenüber dem Vorjahr verzeichneten vor allem die Gewebe- und Stickereiexporteure. Bei einem Vergleich der Umsätze von Branchensegmenten weist die Oberbekleidung mit knapp 1 Mia. CHF den grössten Umsatz auf, vor der Unterbekleidung (460 Mio. CHF), der Weberei (355 Mio. CHF) und der Chemiefaserproduktion (320 Mio. CHF) (Textilverband 1997).

Von den in dieser Studie untersuchten Pflanzenfasern kommen Lein- und Hanffasern als Rohstoffe in der Textilindustrie in Betracht (Abbildung 4).

3.2.1 SPINNEREI

Der Einsatz von Lein- oder Hanffasern in Spinnereibetrieben lässt sich mit verschiedenen Technologien verwirklichen, wobei diese unterschiedlich modern sind und sich stark unterscheiden in wichtigen Kriterien wie Produktionskapazitäten oder -geschwindigkeit. Vor allem aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wird in Zentraleuropa die aufwendige Langfaserverarbeitung wenig angewandt. Dabei sind sowohl der Aufschluss (viele mechanische Zwischenschritte) als auch das Spinnverfahren selber (Nass- oder Trockenspinnverfahren) im Vergleich zur Baumwollverarbeitung aufwendiger und langsamer.

Um Lein oder Hanf den schnell und rationell arbeitenden Baumwollspinnverfahren zugänglich zu machen, wurden die Fasern ab der Jahundertwende bezüglich Feinheit, Länge und Verarbeitbarkeit den Baumwollfasern angeglichen. Diesen Prozess nennt man Kotonisierung. Während früher zur Kotonisierung Reste aus der Langfaserverarbeitung verwendet wurden (Werg), können modernere Verfahren die eingekürzten Bastfasern verarbeiten (nova *et al.* 1996). Das Ziel dieser Bemühungen ist, durch rationellere Ernte- und Aufschlussmethoden kostengünstigere Fasern zu gewinnen, die ohne grossen technischen und ökonomischen Aufwand in Baumwollspinnereien verarbeitet werden können. Dabei zeigt sich, dass vor allem Mischgarne gut und günstig hergestellt werden können, und dass diese Kombinationen erwünschte Eigenschaften aus den verschiedenen Ausgangsmaterialien enthalten können (nova *et al.* 1996; Tubach und Kessler 1995). Am häufigsten werden die Bastfasern mit Baumwolle vermischt, wobei die Anteile je nach Einsatzgebiet variieren.

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

Die Schweiz importiert jährlich rund 34'000 t Baumwoll-, 18'000 t Chemiefasern, 5'400 t Wolle und kleinere Mengen an Seide, Flachs- und Hanffasern (Tabelle 10). Seit den 80er Jahren wird im Langfaserspinnverfahren kein reiner Flachs mehr verarbeitet. Zur Zeit fehlt die nötige Infrastruktur, um reinen Flachs oder Hanf wieder ins Sortiment aufzunehmen. In Mischung mit Baumwolle wird lediglich noch kotonisierter Flachs eingesetzt.

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Die meisten (60%) der sich zur modernen Verarbeitung äussernden Expertinnen und Experten sind der Ansicht, dass Hanf und auch Lein trotz Kotonisierung entweder gar nicht

oder nicht ohne erhebliche Modifikationen auf Rotorspinnmaschinen verarbeitbar wären. Auch wurde von einem Drittel der Befragten geäussert, dass selbst wenn die Verarbeitung möglich wäre, die Laufgeschwindigkeit zu langsam ist, um mit der Baumwollproduktion konkurrieren zu können. Diese Ansichten stehen allerdings im Widerspruch zu der Einschätzung von IAF (Kohler 1995) oder nova *et al.* (1996), nach denen die Produktion von Mischgarnen möglich ist, und die Herstellung von reinen Leinen- bzw. Hanfgarnen durch Baumwollspinnereien angestrebt wird.

Allgemein rechnet man in der Spinnereibranche nicht mit einem Wiedereinsatz von Leinen in den nächsten Jahren, und Hanf ist, mit einzelnen Ausnahmen, für die Spinnereien kein Thema. Als häufigster Grund (57%) wurde, neben den Nachteilen in der Verarbeitung und der fehlenden Infrastruktur, die zu hohen Rohstoff- und Verarbeitungskosten genannt. Diese würden zwar einen Nischenmarkt für Leinengewebe in der Schweiz zulassen, aber nicht eine Garnproduktion erlauben.

Erwähnt wurde in den Interviews auch ein Kapazitätenproblem. Demnach müssten, um im Markt bestehen zu können, auch Leinenspinnereien im 24 Stundentakt laufen, und die Transportstrecken vom Anbau zu den Faseraufbereitungsanlagen und dann zu den Spinnereien dürften aus ökonomischen Gründen nicht zu gross sein. Da eine Bastfaser-Aufbereitungsanlage in der Schweiz fehlt, wären die Spinnereien ohnehin auf die Einfuhr der Spinnstoffe angewiesen. Aber selbst mit einer Aufschlussanlage ist es fraglich, ob die schweizerische Landwirtschaft in der Lage wäre, in nicht zu weit verteilten Gebieten genügend Fasermaterial für eine wirtschaftliche Lein- oder Hanfgarnproduktion zu produzieren.

Bei einer einzigen Spinnerei besteht zur Zeit ein ernstes Interesse, einheimisch angebaute Hanffasern zusammen mit Baumwolle zu Mischgarnen zu verarbeiten. Die ersten Vorversuche mit ausländischen Fasern waren erfolgreich. Zur Zeit wird überprüft, ob eine Pilotanlage zur Fasergewinnung errichtet werden soll. Der Inhaber schätzt dabei das Produktionspotential auf 50 bis 200 Tonnen Garn. Ausgehend von einem 50%-Anteil Hanf im Mischgarn, könnte der Hanffaserbedarf mit einer inländischen Anbaufläche von 12 bis 50 Hektaren gedeckt werden. Wichtig ist dass diese Aussage nach der Auswertung der Interviews eintraf und bezüglich der Potentialabschätzung im Gegensatz zu den mehrheitlichen Ansichten der übrigen Fachleute steht. Aus diesem Grund bleibt es bei dieser Erwähnung, und in den übrigen Darstellungen der Marktpotentiale (zusammenfassende Tabellen 1 und 18, Abbildungen 11 und 12) wurde diese Angabe nicht weiter berücksichtigt.

3.2.2 WEBEREI

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

1997 produzierte die schweizerische Weberei rund 36'000 Laufmeter Baumwollgewebe und 6'500 Laufmeter Woll- und Seidengewebe (Tabelle 10). Produktionsmengen von Chemiefaser-, Hanf- und Flachsgeweben sind nicht bekannt. Der Konsum importierter Leinengarne betrug 1997 rund 97 t in den schweizerischen Webereien (Textilverband 1997).

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Die Befragten sowohl in der Spinnerei als auch der Weberei waren sich einig, dass der Einsatz von Leinen oder gar Hanf vor allem bei der Garnproduktion zu erheblichen technischen Problemen führen würde, aber dass die Verwendung dieser Garne in Webereien oder auch Zwirnereien mit keinen gravierenden technischen Nachteilen verbunden ist.

Allerdings sahen auch hier viele Expertinnen und Experten (44%) tendenzielle Verarbeitungsnachteile, vor allem was die Produktionsgeschwindigkeit der Leinengewebe im Vergleich zu Baumwollgeweben betrifft. Wichtig ist aber, dass technische Modifikationen bei Baumwollwebereien, bei einer Substitution von Baumwoll- durch Leinengarne, nicht als limitierender Faktor eingeschätzt wurden.

Der hohe Preis von Leinengarnen wurde von 56% der Experten negativ bewertet. Zusätzlich wurden auch qualitative Vorteile der Baumwolle wie zum Beispiel die Weichheit, die praktische Handhabung und Pflege oder die viel geringere Tendenz zum Knittern als bei Leinen häufig erwähnt (44%).

Fast alle Gründe, die nach Ansicht der Befragten für den Einsatz von Leinen sprechen, betreffen die Qualität der fertigen Produkte im Bekleidungs-, Heimtextilien-, oder Gastrotextilienbereich. An erster Linie zählt hierzu der 'edle Aspekt' (67%), die kühlende Wirkung des Stoffes bei warmen Temperaturen (50%) oder die Feuchtigkeitsregulierung (33%). Diese Vorzüge von Leinen führen zwar zu den bekannten Nischennachfragen in den oben genannten Bereichen, ihre Marktwirkung ist aber für die Erschliessung grösserer Marktvolumen zu gering.

Die Firma Laib Yala Tricot AG produziert jährlich Tricots aus 15 Tonnen importiertem Hanfgarn. Gemäss ihren Angaben besteht Interesse nach Hanffasern aus schweizerischer Hanfproduktion.

Die Ergebnisse aus den Befragungen in der Industrie zeigen, dass für grössere Markterschliessungen meist ökonomische oder technische Vorteile gefordert sind. Im allgemeinen wird nicht damit gerechnet, dass bedeutende Aufpreise für ökologische Vorteile gewisser Produkte gezahlt werden, auch wenn im allgemeinen grosse Übereinstimmung über die Vorteile herrscht.

Ähnlich wie in der Papierbranche gilt auch für die Leinen verarbeitenden Webereien, dass der Faktor Ökologie nicht die oberste Priorität in den Marketingkonzepten einnimmt, sondern das eher ein konventionelles Preis/Qualitäts-Marketing vorherrscht, wobei sowohl bei Gastro- als auch bei Oberbekleidungstextilien der edle Aspekt von Leinen betont wird, während bei Heimtextilien die technischen Qualitäten (kühl, saugfähig) Vorrang haben.

3.2.3 TEXTILHANDEL

QUALITATIVE MARKPARAMETER

Im Textilhandel wurden Vertreterinnen und Vertreter von Firmen interviewt, die mit Produkten aus folgenden Sortimenten handeln: Modebekleidung, Heimtextilien, technische Textilien, Garne, Gebrauchsgegenstände. Die meisten Befragten stammten aber aus dem Beklei-

dungsbereich. Fast die Hälfte dieser Firmen verkauft Produkte aus oder mit Leinen, zwei davon mit Hanfprodukten, der Rest handelt in erster Linie mit Baumwoll- und Polyester-Produkten.

Firmen die über Leinensortimente in der Bekleidung verfügen, sehen die wichtigsten Vorteile ihrer Produkte in der guten Temperaturregulierung (75%), der guten Feuchtigkeitsaufnahme (50%) und dem edlen Aspekt (50%). Bei Heimtextilien wird die gute Haltbarkeit betont. Die Nachfrage gilt im Modebereich als schwankend, im Gegensatz zum Heimtextilienbereich. Sie ist gering und es gibt nach Ansicht der Fachleute zur Zeit keine Anzeichen, das die Nachfrage nach Leinenprodukten in den nächsten Jahren deutlich zunehmen würde.

Anders sieht es bei Modeprodukten aus Hanf aus. Hier wird erwartet, dass die Nachfrage eher zunehmen und sich in einer stabilen Marktnische etablieren wird. Wichtige Vorteile von Hanf liegen nach Meinung der Befragten in der Ökologie (wenig Agrochemikalien, lokaler Anbau), in der Atmungsaktivität, der hohen Feuchtigkeitsaufnahme und der langen Haltbarkeit. Auch im Marketingkonzept hat hier der Faktor Ökologie oberste Priorität. Aufgrund der deutlich höheren Preise von Hanftextilien im Vergleich zu Baumwolltextilien, gehören die meisten Käuferinnen und Käufer zur sogenannten umweltbewussten Kundschaft, die die Aufpreise für die ökologischen Vorteile der Produkte bezahlen.

3.2.4 MARKTPOTENTIAL FÜR DIE TEXTILBRANCHE

In den Interviews der Textilbranche wurden nur wenige Aussagen über die Entwicklung der Marktpotentiale in den nächsten Jahren geäussert und keinerlei konkrete Angaben zu möglichen Marktvolumina gemacht. Tendenziell vermuten die Fachleute keine Zunahme des Volumens an Leinenprodukten, bei der Produktion wird eher von einer Abnahme im Schweizer Markt ausgegangen. Hinzu kommt, dass gerade im Bekleidungsbereich Modeschwankungen eine Prognose erschweren, die aber wichtig ist, da der Bekleidungsbereich sowohl mengen- als auch umsatzmässig klar die grössten Marktanteile aufweist. Es wird deshalb als kurzfristiges Potential in der Gewebeproduktion 100 t Leingarnverbrauch angenommen (Tabelle 10).

Auch im Handel mit Leintextilien wurden keine konkreten Aussagen über grössere Veränderungen in der Zukunft gemacht. Entsprechend der Unmöglichkeit, zur Zeit in der Schweiz grössere Mengen an Leinengarnen zu produzieren, beträgt der Export von Leinengarnen mengenmässig nur 3,5 % des Importes, während die Import- und Exportvolumina bei den Leinengeweben in etwa gleich sind (Tabelle 10). Leider ist aus dem vorhandenen statistischem Material nicht ersichtlich, in welchen Sortimenten der grösste Bedarf an Leinengeweben vorhanden ist. Gemäss den Interviews handelt es sich um die Oberbekleidungs-, Heim- (vor allem Küchen- und Bettwäsche) und Gastrotextilien (Tischtücher), wobei wiederum keine konkreten Aussagen zu Mengen gemacht wurden.

Bei den Hanftextilien ist die Situation anders. Obwohl gemäss den Expertinnen und Experten bei Händlern von Baumwoll- und anderen konventionellen Textilien Hanf tatsächlich kein Thema ist, und Hanf als kurzfristige Modeerscheinung gilt, sind beide befragten Hanftextilhändler überzeugt, dass die Nachfrage weiterhin zunehmen wird und sich Hanfmodeartikel in einer stabileren Marktnische etablieren werden. Allerdings ist der Zeitraum dieser Entwicklung sehr schwer einschätzbar, da verschiedene Faktoren die Nachfrage beeinflussen: Einerseits wächst die Popularität von Hanfmodeartikeln seit einigen Jahren ständig an, andererseits steht Hanf als Drogenpflanze in Verruf.

Diese zwei bekannten Aspekte von Hanf führen zu einem Spannungsfeld in der öffentlichen Meinung, mit den Hanfförderern und -Gegnern als Pole. Es liegt auf der Hand, dass sich ein Imageverlust von Hanf aufgrund von drogenpolitischen Ereignissen auch negativ auf den nachwachsenden Rohstoff auswirkt. Dies wurde zumindest im Modebereich (im Gegensatz zum Baubereich) bestätigt: Die Nachfrage sei als Folge der Hanfduftkissen-Ereignisse (Herbst 1998) deutlich zurückgegangen. Solche gesellschaftlichen Aspekte haben einen schlecht einschätzbaren Einfluss auf das zukünftige Marktpotential von Hanf im Modetextilienbereich.

3.3 BAUBRANCHE

In der schweizerischen Baubranche wurden verschiedene Bereiche (Dämmstoff-, Faserbeton-, Lehmbau- und Bauplatten-Branche) untersucht, die zueinander thematisch nicht in engerer Beziehung stehen (Abbildung 5). Eine umfassende statistische Beschreibung des Bausektors erwies sich als zu aufwendig, da in vielen Bereichen Dachverbände als zentrales Informationsorgan fehlen und der Austausch von Marktdaten zwischen Teilverbänden nicht üblich ist. Es wurde aus diesen Gründen beim Bau auf eine statistische Zusammenfassung in Tabellenform verzichtet. Die vorhandenen Daten werden zu jeder Branche separat aufgeführt.

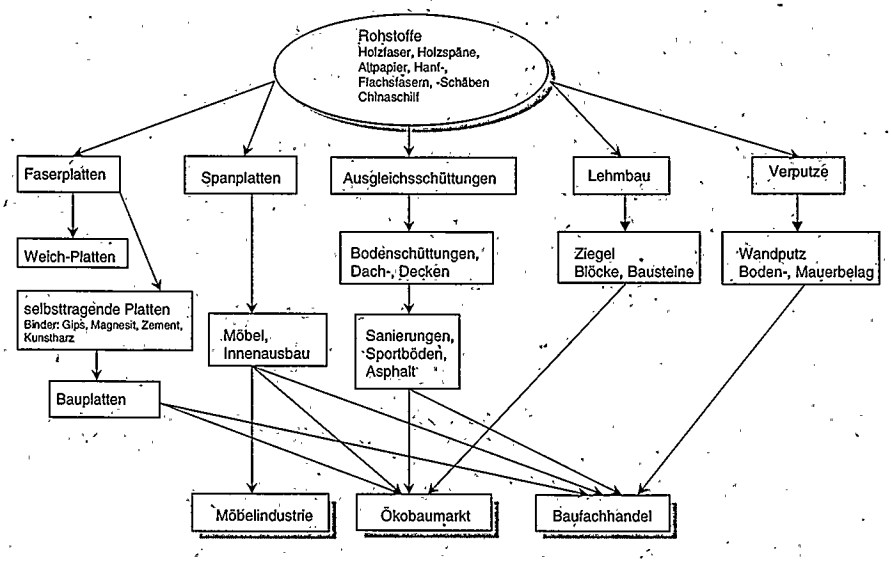


Abbildung 5. Schema für Baubranche (ohne Dämmstoffe)

3.3.1 DÄMMSTOFFE

Auch in der schweizerischen Dämmstoffbranche gibt es keinen Dachverband, der über eine umfassende Beschreibung der Marktvolumina verfügt. Deshalb wurde teilweise auf eine von Gahlmann (1993) durchgeführte Marktanalyse im Dämmstoffbereich zurückgegriffen.

Die gängigsten Materialien, die für die Wärmedämmung von Gebäuden eingesetzt werden, sind mattenförmige Mineralfaserwollen (Glas-, Steinfaser) oder Dämmschäume (EPS[4],

[4] Polystyrol

PUR/PIR[5]). Diese Dämmstoffe machen den konventionellen Dämmstoffmarkt aus und weisen eine vergleichsweise gute Dämmwirkung auf. Sie sind günstig und ihr Einsatz ist langjährig erprobt.

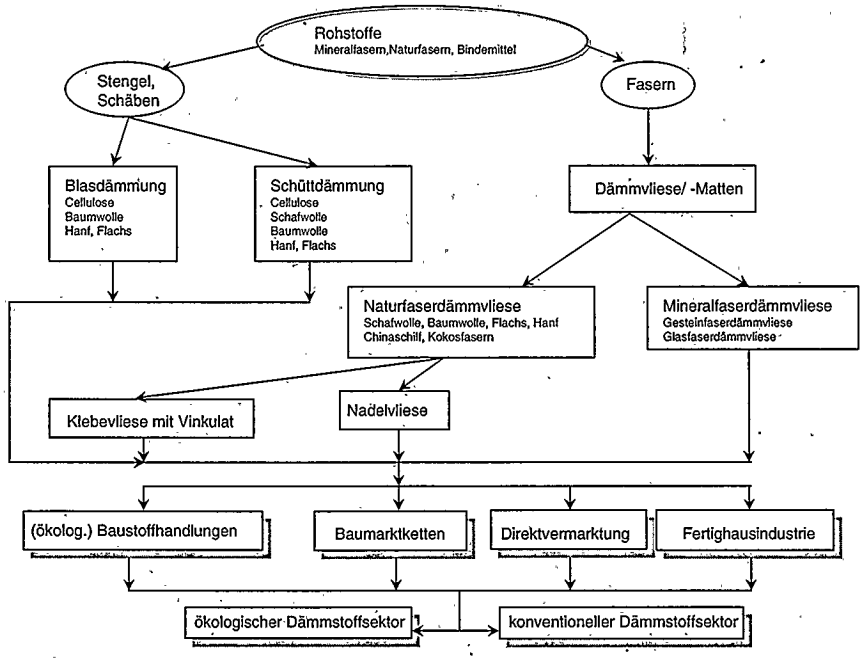


Abbildung 6. Schema für Dämmstoffbranche (ohne Dämmschäume, Holz und Kork)

Daneben existiert der sogenannte alternative Dämmstoffmarkt, der in der Schweiz zur Zeit etwa 5% des gesamten Marktvolumens ausmacht (Gahlmann 1993; Baltensberger und Akkermann, persönliche Mitteilungen 1998). Bekannte Materialien in diesem Bereich sind Cellulose (Schüttdämmung), Holzfaserdämmplatten, Korkdämmungen oder Dämmungen aus anderen Pflanzenfasern (Hanf, Flachs, Kokos). In einigen Fällen sind diese Dämmstoffe bezüglich der spezifischen Dämmleistung den Mineralfaserwollen in etwa ebenbürtig, preislich sind sie in der Regel allerdings teurer. Die Gründe, weshalb sie dennoch eingesetzt werden, fallen in verschiedene Kategorien. Verschiedentlich werden ökologische Vorteile genannt, zum Beispiel aufgrund eines geringeren Energieverbrauchs bei der Herstellung (Behring und Murphy 1997) oder einer guten Rezyklierbarkeit (Hauenstein 1996). Andererseits kamen in den letzten Jahren Mineralfaserdämmstoffe wegen der Lungengängigkeit ihrer Fasern und der damit verbundenen potentiellen Gesundheitsschädigungen in Verruf. Die alternativen, meist aus Pflanzenfasern bestehenden Dämmstoffe werden also auch aus gesundheitlichen Überlegungen eingesetzt (Hauenstein 1996). Zusätzlich werden einige Qualitäten genannt, die das Raumklima verbessern sollen, wie zum Beispiel die grosse Wasserabsorbtions- und –desorptionskapazität, die die Luftfeuchtigkeit regulieren (nova *et al.* 1996). Gesamthaft führen diese Eigenschaften dazu, dass alternative Dämmstoffe, obwohl in der Regel teurer, im Bereich der ökologischen Baustoffe in der Schweiz und manchen anderen westeuropäischen Ländern eine Nische eingenommen haben (Abbildung 6).

[5] Polyurethan

Tabelle 11. Materialkennwerte und Eigenschaften von Dämmstoffen

Dämmstoff	Wärmeleitfähigkeit λ [W(m*K)$^{-1}$]	Dichte [kg/m^3]	Dicke für k-Wert 0,3 [cm]	Brandklasse	Bemerkungen
Steinwolle	0,040	32 24 - 165 [b]	13	fast nicht brennbar	lungengängige Fasern, sonst einfache Verarbeitung
Glaswolle	0 – 0,40	25 12 - 140 [b]	13	fast nicht brennbar	lungengängige Fasern, sonst einfache Verarbeitung
EPS	0,036	28 15 - 40 [b]	12	schwer brennbar	dauerhaft, nicht rezyklierbar
PUR (FCKW-frei)	0,032	30 - 90 [b]	10	schwer brennbar	wie EPS, aber aufwendige, umweltgefährdende Produktion
Holzfaserplatten	0,048	175 150 - 210 [b]	16	mittel brennbar	dauerhaft, einfacher Einbau
Zellulose (gebleicht)	0,041	55 50 - 70 [b]	14	schwer brennbar	feuchtigkeitsregulierend, diffusionsoffen
Schafwolle	0,040	10	13	schwer brennbar	einfacher Einbau, pilzresistent, quasi unverrottbar
Flachsmatte	0,038[c]	16	13	leicht brennbar	einfacher Einbau, mottensicher, Borax-Zugabe wegen Brandsicherheit
Hanf (Temafa) mit PP (Polypropylen) und PE (Polyethylen)	0,042 [a]	43 [a]	k= 0,22: 15 cm [a]	leicht brennbar	wie Flachs

Quellen: Hauenstein (1996); [a] nova *et al.* (1996); [b] Gahlmann (1993)

Verschiedene Faktoren bestimmen die Qualität von Dämmstoffen. Bei einem gegebenem Material hängt die Dämmwirkung, d.h. die Verringerung der Wärmetransmission, funktional von der Dichte und der Dicke der Dämmmatte ab. Ein grundlegender Materialkennwert zur Beschreibung der Dämmeffizienz ist die *Wärmeleitfähigkeit* λ [W/m*K], die stark von der Feuchtigkeit des Materials abhängt, da Wasser Wärme besser leitet (d.h. schlechter dämmt) als Luft. Je tiefer λ für ein Material ist, desto effizienter die Wärmedämmung.

Die wichtigste Grösse für den Wärmeschutz von Gebäuden ist der Wärmedurchgangskoeffizient k [W/m^{2}K], der die *Wärmetransmission* beschreibt (Murphy, persönliche Mitteilung 1998). Um die Effizienz von Dämmstoffen zu beschreiben, wird häufig deren minimal nötige Dicke bei gegebener Dichte angegeben, um einen bestimmten k-Wert zu erreichen.

Ein Kennwert für die *Wärmepufferung* im Sommer ist die spezifische Wärmespeicherkapazität eines Materials c [kJ/kg*K]. Gewünscht sind im Sommer Materialien, die eine grosse Wärmemenge aufnehmen können, ohne sich selber stark zu erwärmen: Sie haben eine hohe Wärmespeicherkapazität.

Weitere wichtige Kenngrössen für Dämmstoffe sind deren Brandverhalten (potentielle Einsatzgebiete von Dämmstoffen sind auf deren Brandklassenzugehörigkeit abgestimmt), die Dauerhaftigkeit des Dämmmaterials, ihr Einfluss auf das Raumklima, ihre Schalldämmung oder ihre Resistenz gegen Pilzbefall. Die Tabelle 11 gibt wichtige Materialeigenschaften einiger Dämmstoffe zum Vergleich wieder. Es ist dabei ersichtlich, dass von den hier verglichenen Dämmstoffen Polyurethanschäume (PUR) die geringsten und die Holzfaserdämmplatten die grössten Dicken aufweisen würden bei gleichem k-Wert. Dieser Vergleich ist insofern wichtig, da Dämmstoffpreise in der Regel auf Volumen bezogen werden und nicht auf die Dämmleistung. Würde man diese miteinbeziehen, würden die PUR-Schäume gegenüber den alternativen Dämmstoffen ökonomisch nochmals besser abschneiden.

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

Im Jahr 1993 betrug das Marktvolumen für Dämmstoffe in der Schweiz etwa 2,6 Mio. m^3. Neben Stein- und Glaswolle wurde der grösste Teil des Marktes von EPS-Schäumen eingenommen, während alternative Dämmstoffe wie Holzfasern, Kork und Zellulose nur einen kleinen Markanteil einnahmen (Tabelle 12). Gemäss aktuellen Angaben wird dieser Anteil inzwischen auf 5% geschätzt (1998), und einige alternative Dämmstoffe haben auch Preisreduzierungen erfahren (Tabelle 12).

Tabelle 12. Quantitative Marktangaben zum Dämmstoffmarkt

Sortimente	Verkaufsvolumen [m^3]	Marktanteil [%]	Endverbraucherpreise [CHF/m^3]
Mineralfasern 1993			
Glaswolle	812'250	31,4	Dichte<50 [kg/m^3]: 100 – 200 Dichte<165 [kg/m^3]: 300 – 400
Steinwolle	584'750	22,6	wie Glaswolle
Schaumstoffe			
EPS	750'000	29,0	100 – 300
PUR/PIR	140'000	5,4	200 – 400
Alternative Dämmstoffe 1993			
Holzfaserplatten	23'000	0,9	535 – 650
Cellulose	12'000	0,5	300 – 400 (inkl. Einblasen)
Kork	22'000	0,9	460
		100	
Alternative Dämmstoffe 1998 (5% des gesamten Marktes)			
Cellulose [a]	8000 t/a = 135'000		120 + 60 für Verarbeitung
Schafwolle [a]			350
Holzdämmplatten [a]			300
Hanfdämmmatte	10 t/a		
Cellulose mit 15% Hanf [a]	125 t (1999) 375 t (2000)		15% mehr als reine Cellulose
Baumwollmatten [b]	2 - 3 t		300 (mit bis zu 30% Rabatt)

Quelle: Gahlmann (1993); [a] Ackermann, Naturhuus AG (persönliche Mitteilung 1998); [b] Meier, Sager AG (persönliche Mitteilung 1998)

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Es wurden Fachleute aus 14 Firmen interviewt, die die Branchen des konventionellen (acht Firmen) und alternativen (sechs Firmen) Dämmstoffmarkts abdecken: In letzterem wurden Produzenten von Holzdämmplatten, Baumwollmatten, Celluloseschüttdämmungen, Korkplatten und Hanf-Celluloseschüttdämmungen befragt.

Als problematischer oder nachteiliger Faktor von Dämmstoffen aus Flachs oder Hanf wurde von den meisten Befragten (60%), auch aus dem alternativen Dämmstoffbereich, das Brandverhalten genannt (Tabelle 11). Ohne Zusatz von Salzen wie Borax, die die Brennbarkeit der Matten herabsetzen, sind die Anwendungsmöglichkeiten von Bastfaserdämmungen sehr limitiert und z.B. in Innenräumen kaum möglich. Mit der Zugabe der Salze (bis 30%) nimmt die Brandsicherheit zwar genügend zu, aber die Rezyklierung wird erschwert und die ökologischen Vorteile im allgemeinen gemindert. So fanden 40% der Experten den Einsatz von Zusatzmitteln als limitierenden Faktor für diese Dämmstoffgruppe. Dementsprechend wird vermehrt eine Ökobilanz gefordert, die die Umweltbelastung durch die Gewinnung, den Einsatz und das Rezykling von Zusatzstoffen mitberücksichtigt. In Anbetracht dessen, dass es sich hierbei um einen häufig genannten Kritikpunkt handelt, sollte der Erarbeitung von entsprechenden Ökobilanzen vermehrt Rechnung getragen werden.

Die in der Regel höheren Preise im Vergleich zu Mineralfaserwollen wurden von 50% der Befragten als Faktor eingeschätzt, der ein grösseres Marktwachstum verhindert. Die geringere Dämmleistung wurde ebenfalls von 40% der Befragten als wichtiger Schwachpunkt genannt.

Als positive Faktoren wurden die ökologischen Vorteile, die höhere Wärmespeicherkapazität (Wärmepufferung) und der bessere Feuchtigkeitsausgleich erwähnt. Dieser ist durch die Wasseraufnahmekapazität von Pflanzenfasern bzw. -geweben bedingt und wirkt regulierend auf das Raumklima.

Wichtig ist zudem, dass über die Hälfte der befragten Fachleute eine (meist kleine) Nachfrage nach Flachs- oder Hanfdämmstoffen registrierten, obwohl die meisten von ihnen im Bereich der konventionellen Dämmstoffe tätig sind. Wie auch in der Literatur bestätigt wurde, sind diese Rohstoffe im Dämmstoffsektor also durchaus bekannt. Dabei sind sich die Anwender von Hanf oder Flachs einig, dass beide Rohstoffe ein grösseres Potential im Dämmstoffbereich haben als Kokos oder Wolle, deren Verwendung aus ökonomischen bzw. technischen Gründen tendenziell abnimmt. Die meisten Kunden für alternative Dämmstoffe setzen diese meist privat in Einfamilienhäusern ein. Für Mietshäuser oder günstige Reihenhaussiedlungen kommen sie aus Preisgründen weniger in Frage, dafür werden sie in gewissen Kantonen in öffentlichen Bauten gefördert (Markwalder, Ampus AG, persönliche Mitteilung 1998).

Einig sind sich die Fachleute aus dem alternativen Dämmstoffbereich auch darüber, dass in der Marketingstrategie der Produkte der Faktor Ökologie sicher wichtig ist, aber daneben die oben genannten technischen Vorteile betont werden müssen. Diese Kombination soll den meist nötigen Aufpreis für Alternativ-Dämmstoffe rechtfertigen.

MARKTPOTENTIAL

In einem Projekt der Isofloc AG, Naturhuus AG, Läderach Agro AG und der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) in Tänikon wurde Hanf in einem Gemisch mit Baumwolle (15% Hanf) mittels der Blasdämmung eingesetzt. Für das Jahr 2000 wird mit einem Einsatz von 375 t Hanfmaterial gerechnet (Ackermann, Naturhuus AG, persönliche Mitteilung 1998). Dies entspricht bei gleichem Mischungsverhältnis und angenommener gleicher Dichte von Cellulose und Hanfzusatz einer Menge von etwa 45'000 m^3 Dämmstoff mit Hanfzusatz. Falls sich der Einsatz von Hanf als erfolgreich erweist, soll auch die Flachsfaser ausprobiert werden (Ackermann, Naturhuus AG, persönliche Mitteilung 1998), welche zur Zeit im schweizerischen Dämmstoffmarkt noch keine Bedeutung hat.

Auch der Einsatz von reinem Hanf in der von der Isofloc AG entwickelten Blasdämmung kann bei gutem Erfolg zukünftig zum Thema werden.

Ein wichtiger Punkt der Blasdämmung ist, dass die Hanffaser nicht so weit aufgeschlossen werden muss wie für die Mattenherstellung, so dass die schweizerische Infrastruktur für eine Aufarbeitung ausreicht. Daher wurde der Hanfanbau 1999 zur Deckung des Faserbedarfs mit einheimischen Landwirtinnen und Landwirten geplant. Bezogen auf die geplante Menge des Jahres 2000, entspricht dies einer Anbaufläche von etwa 50 ha für diese Anwendung.

Ein weiterer wichtiger Vorteil der Blastechnik im Vergleich zur Herstellung von Matten sind die durch den geringen Herstellungsaufwand möglichen günstigen Preise des einsetzbaren Dämmstoffs. Bei den zur Zeit noch geringen Mengen wird zwar noch mit Auf- und Verarbei-

tungskosten von etwa 800 CHF/t gerechnet (Läderach, Läderach Agro AG, persönliche Mitteilung 1998), diese sollten sich aber bei Einsatz grösserer Mengen deutlich verringern. Für Glaswollmatten ergibt sich bei einem Preis von 115 CHF/m^3 (Meier, Sager AG, persönliche Mitteilung 1998) und einer Dichte von 50 kg/m^3 ein Preis von etwa 2'300 CHF/t, so dass Hanf bei Verwendung der Blastechnik preislich durchaus konkurrenzfähig ist. Allerdings bedingt die Blastechnik einen baulichen Mehraufwand (Ackermann, Naturhuus AG, persönliche Mitteilung 1998), der im Sinne eines geringen Aufpreises gerechnet werden kann.

Auch bei der Firma Stroba Naturbaustoffe wird mit einer, wenn auch langsamen, Zunahme der Nachfrage nach Hanfdämmstoffen gerechnet. Das gegenwärtig mit 10 t Dämmmatten noch kleine Segment wird also auch zunehmen. Allerdings sind dies importierte Materialien, da der für die Herstellung von Matten erforderliche Faseraufschluss zur Zeit nicht in der Schweiz realisiert werden kann.

Auch Firmen aus dem konventionellen Dämmstoffsektor zeigen ein Interesse an Hanf-, Flachs oder auch Chinaschilfdämmstoff. Voraussetzung ist aber, dass die oben genannten Probleme des Brandverhaltens gelöst werden und die Preise nicht höher sind als bei konventionellen Dämmstoffen. Dies ist zur Zeit im Bereich der Dämmmatten nicht möglich, die Blasdämmung hingegen ist preislich konkurrenzfähig. Zusätzlich waren auch die befragten Architekten, die Erfahrungen im Ökobaumarkt haben, der Ansicht, dass die Ökobaubranche allgemein und der Einsatz von 'ökologischen' Dämmstoffen im speziellen wachsen wird.

Unter diesen Voraussetzungen sollen in der Schweiz in den nächsten 2 bis 3 Jahren um die 500 t Hanfrohstoff in der Dämmstoffindustrie eingesetzt werden, wobei ein Grossteil aus lokalem Anbau (gut 50 ha) kommen wird und in der Schweiz aufgearbeitet werden kann, da die hauptsächliche Anwendungstechnik die für Cellulose optimierte und im Markt etablierte Blas- bzw. Schütt-Technik sein wird (Mannhart, Isofloc AG, persönliche Mitteilung 1998).

Falls in den nächsten Jahren alternative Dämmstoffe einen Marktanteil von 5 bis 10% erreichen, was aufgrund der Expertenmeinungen plausibel erscheint, und darin die Bastfaserpflanzen als Rohstoffe neben Zellulose einen Hauptanteil einnehmen werden, könnte der Bedarf mittelfristig bei 70'000 bis 90'000 m^3 liegen, was bei einer angenommenen Dichte von 50 bis 100 kg/m^3 3'500 bis 9'000 t entspricht. Im Fall von Hanf entspräche diese Menge einer Anbaufläche von 500 bis 1'000 Hektaren.

3.3.2 FASERBETON

Fasern, die dem Beton als Mikrobewehrung (Armierung) beigemengt werden, müssen eine Reihe von Eigenschaften aufweisen, um ihre Hauptfunktion, die Verminderung der Rissbildung beim Aushärten des Betons, zu erfüllen. Sie müssen eine genügend hohe Zugfestigkeit und ein hohes Elastizitäts-Modul aufweisen und mit dem Beton gut mischbar sein. Sie müssen beim Aushärten eine gute Matrixhaftung aufweisen (hauptsächlich bedingt durch eine grosse spezifische Oberfläche) und dürfen nicht durch das alkalische Milieu des Betons beeinträchtigt werden.

Es gibt verschiedene Fasern, die diese Kriterien in unterschiedlicher Ausprägung erfüllen und sich somit für verschiedene Einsatzbereiche eignen. Am häufigsten werden Stahl-, Glas- und Polypropylenfasern eingesetzt. Polypropylen eignet sich wegen seinem relativ geringen E-Modul (Tabelle 13) nicht für statische Funktionen, kann aber die Rissbildung des Betons bei dessen Aushärten stark vermindern (Friedrich 1998). Die Stahlfaser weist hohe Festigkeit aber eine ungünstige Fasergrösse und -geometrie auf, so dass sie eine stabilisierende, stati-

sche Funktion in ausgehärtetem Beton einnehmen, aber eine Frührissbildung nicht verhindern kann (Friedrich 1998). Glasfasern bereiteten früher vor allem im Kurzfaserbereich Probleme, da sie vom alkalischen Milieu des Betons angegriffen wurden und unter hoher Beanspruchung an Festigkeit einbüssten. Die Entwicklung von alkaliresistenten (AR-) Glasfasern gibt ihnen nun, je nach Dosierung, ein breites Anwendungsfeld von der Rissverhinderung bis zur statisch wirksamen Bewehrung (Hardmeier 1998).

Tabelle 13. Vergleich von wichtigen Fasereigenschaften in der Betonbewehrung

Fasern	Durchmesser	Rohdichte	E-Modul	Zugfestigkeit	Bruchdehnung	Bemerkungen
	[µm]	[kg/cm³]	[N/mm²]	[N/mm²]	[%]	
Flachs	19 [g]	1,48 [e]	40'000 – 93'000 [b]	750 – 2000 [g]	2 – 3 [a]	gute MH, gute AR [c]
Hanf	15 – 28 [b]	1,47 [e]	60'000 – 80'000 [b]	500 – 1000 [b]	2.1 (DA) [f]	gute MH, gute AR [c]
Kenaf	14 – 33 [d]				1.6 [f]	
Baumwolle	19 [g]	1,52 [e]		370 – 750 [g]		
Sisal	10 – 50	1,5	–	800	3	tiefer Preis
Zellulose	15 – 60	1,2	500 – 4000	300 – 500	3	schlechte AR
Stahlfasern	5 – 500	7,85	200'000	500 – 2000	0.5 – 3.5	mässige MH, gute AR
Glasfasern (AR)	10 – 15	2,68	75'000	1800 – 3000	2	gute MH, weitgehend AR
Polypropylen	20 – 200	0,98	5'000 – 18'000	500 – 750	5–15	gute MH, gute AR, geringe Zugfestigkeit
Polyaramid (Kevlar)	10	1,45	65'000 – 130'000	2800 – 3600	2 – 4	schlechte MH, bedingte AR

Quellen: Cziesielski und Schrepfer (1998); [a] Leupin (1996); [b] Smeder, Liljedahl (1996); [c] nova *et al.* (1996); [d] Barthold (1994); [e] Enzler, Atrof Bauphysik AG, persönliche Mitteilung 1998; [f] Bourban (1997); [g] Haudek und Viti (1998)

DA = Dampfaufschluss; MH = Matrixhaftung; AR = Alkalibeständigkeit

Wie die Tabelle 13 zeigt, sind die Bastfasern von Flachs und Hanf den Polypropylen-Fasern bezüglich der Festigkeitswerte und der Steifigkeit überlegen und den Glasfasern ziemlich ebenbürtig. Sehr wichtig ist allerdings die Feststellung, dass es sich dabei um Elementarfasern handelt und nicht um Faserbündel, deren Festigkeitswerte, bedingt durch die strukturelle Vielfalt der Faseranordnung, in weiten Bereichen schwanken. Die Durchmesser der Elementarfasern entsprechen in etwa denen der Glasfasern, womit ihre spezifische Oberfläche ähnlich hoch und damit die Matrixhaftung ausreichend ist. Die Aussagen über die gute Alkalibeständigkeit stützen sich auf Erfahrungen der Atrof Bauphysik AG, die naturfaserverstärkte Betonbauteile als sehr beständig bezeichnete.

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Es wurden Fachleute von vier Schweizer Firmen, die im Bereich der Herstellung oder Forschung und Entwicklung von Faserbeton tätig sind, nach den Einsatzmöglichkeiten von Naturfasern befragt. Drei der Experten waren der Ansicht, dass geeignete Naturfasern (Flachs- und Hanffasern) als Mikrobewehrung zur Vermeidung der Frührissbildung eingesetzt werden können, sofern der Preis der Faser und die technischen Eigenschaften stimmen. Die Naturfasern könnten nach ihrer Meinung dabei Teile der alkaliresistenten Glasfasern und der Polypropylenfasern substituieren.

Als mögliche Nachteile wurden Aufbereitungsschwierigkeiten, die Alkaliresistenz und die Konkurrenzsituation mit den konventionellen Fasern genannt. Vorteile können in der Anwendung liegen, da die Naturfasern, aufgrund ihrer vergleichsweise vielfältigen Geometrie, eine selbstverteilende Wirkung bei der Durchmischung mit dem flüssigen Beton haben (Enzler, Atrof Bauphysik AG, persönliche Mitteilung 1998). Bezüglich der Nachfrage fanden drei Befragte, dass die Naturfasern für diesen Einsatzbereich noch wenig erprobt seien.

Die Preisangaben der Fachleute bewegen sich zwischen 5 und 10 CHF/kg für Polypropylen (es wird etwa 1 kg/m^3 eingesetzt), zwischen 3 (E-) und 10 (AR-) CHF/kg für Glasfasern und etwa 10 CHF/kg für Stahlfasern (35 bis 70 kg/m^3). Für einsatzfähige Naturfasern wurde ein Preis von etwa 6 CHF/kg gefordert, wobei nach Ansicht der Atrof Bauphysik AG (Enzeler, persönliche Mitteilung 1998) der Aufschluss weniger aufwendig ist als bei der Zellstoffproduktion für Papier. Dieser Preis kann mit importierten, aufgeschlossenen Fasern sowohl bei Hanf als auch Flachs eingehalten werden. Offen ist allerdings, in welchem Grad die Fasern für einen optimalen Einsatz vereinzelt werden müssen und in welchem Masse auch Faserbündel zum Einsatz kommen können.

MARKTPOTENTIAL

Anhand der Expertenaussagen und der Literatur scheinen die Hanf- und Flachsfasern sowohl aus technischer Sicht als auch bezüglich ihrer ökonomischen Konkurrenzfähigkeit mit herkömmlichen Fasern für einen Einsatz als Mikrobewehrer im Betonbau geeignet zu sein. Allerdings sind bei der konventionellen Betonherstellung und insbesondere bei den Bauherrschaften Naturfasern eher unbekannt. Wie auch in anderen Branchen scheint es hier wichtig zu sein, die noch dünne Datenbasis mit Angaben aus entsprechenden Einsatzversuchen (in der Schweiz haben zum Beispiel die Atrof Bauphysik AG und die Stahlton AG Versuche mit Naturfasern durchgeführt) zu ergänzen, damit ein besseres Datenmaterial zur Verfügung steht und zu einem routinemässigen Einsatz führen kann. Der geforderte maximale Faserpreis von 6 CHF/kg kann vermutlich sogar unterboten werden.

Leider konnten weder in den Interviews noch in der Literatur Hinweise auf zukünftige Entwicklungen oder Marktpotentiale gefunden werden. Die vorhandenen Angaben reichen für die Abschätzung eines konkreten Marktpotentials nicht aus. Nach eigener Einschätzung müsste sich die Prognose des Potentials auf das oben geforderte umfangreichere Datenmaterial stützen, das die Zuordnung der Eignung der verschiedenen Naturfasern auf die Anwendungsgebiete erst sicher ermöglicht. In jedem Fall scheint es klar zu sein, dass die entsprechenden Fasern aufgrund der fehlenden Faseraufschlussanlage in der Schweiz importiert werden müssten, so dass sich ein erster grösserer Einsatz noch nicht direkt auf den schweizerischen Anbau von Bastfaserpflanzen auswirken würde.

3.3.3 PLATTEN

Im Plattensektor wurden sowohl Leute von Spanplattenfirmen befragt als auch eine Firma, die Bauelemente aus Faserverbundmaterialien mit anorganischer Matrix herstellt. Auf eine Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Faserpflanzen in HDF- (high-density fibre board), MDF- (middle-density fibre board) oder OSB- (oriented strain board) Platten wurde verzichtet.

SPANPLATTEN

Spanplatten bestehen aus einem hohen Anteil an Spänen, auch Chips genannt, die von verschiedenen pflanzlichen Rohstoffen stammen können, und einem Bindemittel, das meist wenige Prozent der Gesamtmasse ausmacht. Neben dem klassischen Rohstoff Holz, der in der

Span- und Faserplattenindustrie Westeuropas zur Zeit zu grossen Anteilen aus Wald- und Industrierestholz (v.a. Sägereirestholz) gewonnen wird, wurden eine Reihe anderer Rohstoffe für ihre Eignung zur Plattenproduktion geprüft. Darunter fallen neben billigen Reststoffen, wie zum Beispiel Stroh, auch andere landwirtschaftliche Faserpflanzen, wie die hier untersuchten. Insbesondere in Ländern mit geringem Holzvorrat werden Platten vor allem aus Bambus, Bagasse oder Reisstroh produziert (El-Hariri und Moawad 1997, Hague 1995).

In Osteuropa ist die Verwendung vor allem von Flachs- und Hanfschäben aber auch -fasern üblich. In der Tschechischen Republik, in der Slowakei und Polen zusammen werden in insgesamt acht Anlagen im Sinne von Teilsubstitutionen um die 2'500 m^3/Jahr Flachs- und Hanfschäbenplatten produziert (Kozlowski *et al.* 1997). Besonders die Verwendung von Flachs hat bereits traditionellen Charakter in Osteuropa, wurde doch die erste industrielle Anlage im Jahr 1959 in Polen in Betrieb genommen (Swiderski 1960).

Von Tröger *et al.* (1998) wurden reine Chinaschilfplatten mit Festigkeitswerten hergestellt, die die DIN-Normen einhalten. Dieselben Platten können bei einer Verstärkung mit Flachsfasermatten so hohe Festigkeiten (E-Modul, Biegefestigkeit) erreichen wie glasfaserverstärkte Platten. Zusätzlich lassen sich auch mehrschichtige Platten mit einem Gemisch zum Beispiel aus Chinaschilf- und Holzchips herstellen.

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

In der Schweiz stellen zur Zeit die Firmen Kronospan AG und Fideris AG Spanplatten her. Die Produktion belief sich 1997 auf rund 500'000 m^3. Der Import betrug 227'000 m^3 (Tabelle 14). Bei beiden Firmen stammt ein Grossteil des Holzes aus Wald- und Restholz.

Tabelle 14. Angaben zum Schweizer Spanplattenmarkt 1997

	Produktion	Import	Export	Verbrauch
Spanplatten [1000 m^3]	501	227	395	333
Verhältnis 1997:1995	1,02	0,98	1,05	0,96

Quelle: FESYP (1998)

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Bei der Befragung waren die Experten der Firmen Kronospan AG und Fideris AG der Ansicht, dass sich aus technischer Sicht aus landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffen (v.a. Chinaschilf und Kenaf) Spanplatten herstellen lassen.

Bei der Kronospan AG müssten für einen erfolgreichen Einsatz folgende Bedingungen kumulativ erfüllt sein. Eine Rohstoffmenge von 400 bis 600 t pro Tag müsste über das gesamte Jahr kontinuierlich lieferbar sein. Eine Tonne Trockenmasse in Chipform dürfte nicht mehr als 70 CHF kosten und der Aufschluss müsste betriebsextern geschehen.

Die letzte Bedingung knüpft an die Einschätzung, dass die Modifikationskosten und der Optimierungsaufwand bei einem betriebsinternen Aufschluss zu gross wären. Der Pressvorgang selber würde in etwa der gleiche bleiben und stellt keinen limitierenden Faktor dar. Insbesondere die zwei erstgenannten Bedingungen können durch einheimisch angepflanzte nachwachsende Rohstoffe, abgesehen von Holz (-resten), nicht erfüllt werden.

Die Fideris AG ist mit einer Jahresproduktion von etwa 160'000 m^3 Spanplatten ein kleiner Betrieb, der nach Aussage von Herrn Lott (persönliche Mitteilung 1998) deswegen auch Spezialitäten führt. Versuche mit Chinaschilf und Kenaf führten zu Spanplatten sehr guter Qualität, die gegenüber reinen Holzplatten sogar Festigkeitsvorteile aufwiesen. Auch bei der Fideris AG wird die Bereitstellung der landwirtschaftlichen Rohstoffe, aufgrund ihrer Saisonalität, als Problem angesehen. Für eine wirtschaftliche Produktion wird eine Menge von etwa 2'500 t/Jahr in Chipform gefordert, die konstant lieferbar sein müsste. Sowohl die Chipaufbereitung, die rein mechanisch abläuft, als auch das Pressen bedingen keine aufwendige Modifikationen. Als Richtwert für die Chips wurde der Preis für Holzhackschnitzel aus Sägereien angegeben, der zur Zeit (1998) etwa 85 CHF/t beträgt, und damit deutlich unter den Preisen für Chinaschilf-, Hanf- oder Flachsstengelmaterial liegt. Allenfalls die Schäben als Sekundärrohstoff liessen sich zu diesem Preis verkaufen. Um zum Beispiel mit Hanfschäben den Bedarf von 2'500 t/Jahr zu decken, wäre eine Anbaufläche von 500 bis 600 ha nötig, die aufgrund der Transportkosten möglichst nahe am Werk liegen müsste. Dennoch wäre die Fideris AG interessiert an Versuchen mit Hanf als Rohstoff.

MARKTPOTENTIAL

Wie beim Faserbeton kann auch bei den Spanplatten kein konkretes Marktpotential für die landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffe angegeben werden. Ihr Einsatz in der Schweiz befindet sich im beginnenden Versuchsstadium. Es scheint auch keine Nachfrage vorhanden zu sein. Bei diesem Stand der Dinge wäre eine präzise Abschätzung der Rohstoff- und Verarbeitungskosten sinnvoll, um Szenarien zu finden, die eine Teilsubstitution erlauben. Die Vorteile der Spanplatten aus landwirtschaftlichen Rohstoffen müssten dabei in der Nachfrage, der Produktqualität oder ihrer Preise liegen. Ein ökologischer Vorteil scheint bei dem hohen Anteil von Resthölzern in der schweizerischen Spanplattenherstellung kaum gegeben.

BAUPLATTEN

Einige Firmen in der Schweiz stellen aus Hanfschäben Verbundwerkstoffe mit mineralischer Matrix für den Hausbau her. Die mineralische Matrix besteht je nach Einsatzort aus Kalk, Gips, Ziegelmehl oder Sand. Diese Bauelemente werden hauptsächlich in Aussenwänden, Böden, Dachisolationen und Innenwänden eingesetzt.

Tabelle 15. Kennwerte für Hanfbaustoff im Vergleich zu herkömmlichen Baustoffen

	Dichte [kg/m^3]	Druckfestigkeit [N/mm^2]	Wärmeleitfähigkeit [W/m*K]
Hanfbaustoff	550	0,4	0,12
Modulbackstein	1'100	2 – 3	0,44
Isolierbackstein	1'200	2 – 3	0,47
Holz (Fichte)	450	1,6 (Quer zur Faser)	0,12 (Quer zur Faser)

Quellen: Sell und Thalmann (1998); Arbio SA (persönliche Mitteilung 1998); Leuthe (1985)

In der Tabelle 15 ist ersichtlich, dass die Hanfbauelemente gute Isolationseigenschaften aufweisen, was auch von den Anwendern bestätigt wird. Die Hanfschäben wirken sowohl als

Amierung als auch als Dämmmaterial. Andererseits können die Platten aufgrund der geringen Festigkeit keine tragende Funktion einnehmen - diese wird von einem Holztragwerk übernommen (P. Favre, Arbio SA, persönliche Mitteilung 1998).

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Weitere erwünschte Eigenschaften der Hanf-Bauelemente sind ihre Feuchtigkeitsregulierung und Atmungsaktivität. Zudem sind sie brandsicher (Savari, Mathilde Architecture SA, persönliche Mitteilung 1998).

Schwierigkeiten ergeben sich vor allem beim Mischen (mit Pumpe und Vibration) der Komponenten, das nicht immer homogen verläuft. Auch der Verbund mit der Holztrag-Konstruktion soll in einem Projekt mit der Ingenieurschule in Fribourg noch weiter optimiert werden (P. Favre, Arbio SA, persönliche Mitteilung 1998). Preislich verursacht der Einsatz dieses Hanf-Baustoffs, zum Beispiel anstelle von Backsteinen, einen Aufpreis von 5 bis 10% an den Gesamtkosten.

MARKTPOTENTIAL

Nach Auskunft von P. Favre (Arbio SA, persönliche Mitteilung 1998) ist die Nachfrage nach dem Hanfbaustoff zur Zeit so gross, dass keine aktive Eigenwerbung nötig ist. Es wird mit einer Zunahme der Nachfrage gerechnet. Für ein Einfamilienhaus werden etwa 190 m^3 Schäben benötigt. In diesem Jahr wurden 3 Einfamilienhäuser gebaut, was etwa 600 m^3 entspricht. Das Potential wird auf 5 Einfamilienhäuser pro Jahr geschätzt plus einige Zusatzarbeiten (Kleinbauten, Teilarbeiten). Somit würden über 1000 m^3 Schäben eingesetzt, was etwa 400 t entspricht oder einer Anbaufläche von 80 ha (bei einem Schäbenanteil von 50% im Stengel).

Leider werden die Schäben zur Zeit aus Frankreich bezogen, weil anfängliche Schwierigkeiten bei der Trennung der Schäben von den Fasern bestanden und weil auch die kostenaufwendige Lagerung der Schäben vermieden werden kann (P. Favre, persönliche Mitteilung 1998). Es ist zur Zeit nicht geplant, lokale Landwirtinnen und Landwirte mit in die Produktion einzubeziehen, so dass sich diese Hanfverwertung nicht auf den schweizerischen Anbau auswirkt. Allerdings kann sich dies ändern, wenn die Aufarbeitungsverfahren und eventuell Lagerungsmöglichkeiten in der Schweiz optimiert werden.

3.3.4 LEHMBAU

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

Der Lehmbau kann als Nische in der ökologischen Baubranche bezeichnet werden. Die schweizerische Lehmbaubranche ist in den letzten Jahren gewachsen und es wird weiterhin eine Zunahme der Umsätze erwartet. Die Umsätze der Branche betrugen 1995 0,25 Mio. CHF, 1997 2 Mio. CHF und für 1999 wird von 4 Mio. CHF Umsatz ausgegangen (Huber, IG-

Lehm, persönliche Mitteilung 1998). Hauptsächliche Produkte sind Lehmblöcke (auch Stampflehm mit Tragfunktion), Leichtlehmsteine (faserverstärkt) und Lehmverputze, die allesamt im Hausbau eingesetzt werden. Die faserverstärkten Lehmbausteine kombinieren statische Funktionen mit guten Isolationseigenschaften. Im Verputz haben die Fasern festigende und rissverhindernde aber auch strukturgebende Funktionen.

Über längere Zeit hinweg wurden vor allem Stroh oder Holzschnitzel für die Armierung eingesetzt. Seit wenigen Jahren werden aber auch wieder vermehrt Bastfasern oder Chinaschilf verwendet.

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Im schweizerischen Lehmbau sind Flachs-, Hanf- und Chinaschilffasern bzw. ihre Eigenschaften gut bekannt. Von den neun befragten Firmen, setzen vier Produkte mit einer oder mehreren dieser Fasersorten ein, so dass zunehmend Stroh und Holzschnitzel als Rohstoffe substituiert werden. Bezüglich der technischen Eignung scheint das schnelle Abtrocknen von Hanf- und Flachsfasern vorteilhaft zu sein und den beim Einsatz von Stroh bekannten Schimmelpilzbefall zu verhindern. Auch in der Festigkeit und Feinheit der Fasern wurden Vorteile gesehen. Als Nachteile wurden die höheren Preise (wobei bei diesem Punkt die Meinungen oft sehr weit auseinander lagen), die noch aufwendige Verarbeitung und die in den letzten Jahren eher unprofessionelle Vermarktung, die jetzt allerdings verbessert wurde, der Produkte genannt.

Diejenigen Firmen, die Hanf, Flachs oder Chinaschilf einsetzen, sind sich einig, dass die Nachfrage nach entsprechenden Produkten in Zukunft zunehmen und das Marktpotential wachsen wird, dies vor allem im Verputzbereich.

Tabelle 16. Preise von im Lehmbau einsetzbaren Rohstoffen.

	Cellulose	Holzschnitzel	Hanf (aufgeschlossen)
Preis [CHF/kg]	1 - 4	2,5 – 3,5	1

Quelle: Telefonische Auskünfte der Expertinnen und Experten

Die Preise (Tabelle 16) variieren je nach der Herkunft der Rohstoffe stark: Die aufgeschlossenen Hanffasern werden meist aus Frankreich importiert und erhalten somit einen Aufpreis. Die Firma Lehmbau Künzi AG hingegen bezieht ihren Rohstoff aus der Schweiz, fast gratis, und zerkleinert die ganzen Hanfstengel mit einem eigenen Häcksler, was zu guten und günstigen Produkten führt (Hr. Künzi, persönliche Mitteilung 1998).

In der Situation, in der verschiedenste Kleinfirmen Rohstoffe unterschiedlicher Herkunft und Qualität beziehen, ist einleuchtend dass die Preise für die einsatzbaren Produkte stark schwanken.

MARKTPOTENTIAL

Es konnte im Rahmen der Umfrage nicht herausgefunden werden, wie gross das derzeitige Marktvolumen von bastfaserbewehrten Lehmbauprodukten ist. Die befragten Firmen stellen zwischen wenigen und 35 t entsprechende Produkte her. Letztere Angabe bezieht sich auf

die Firma Claytec AG, die mit Lehmbauprodukte mit 3 bis 5 t Flachsfasern pro Jahr handelt und die Hanf im Versuchsstadium einsetzt (Hr. Nydegger, Claytec AG, persönliche Mitteilung 1998). Nach eigener Einschätzung werden in der Schweiz von den meist verwendeten Pflanzenfasern (Chinaschilf, Flachs und Hanf) nicht mehr als 10 bis 20 t eingesetzt. Wichtig ist allerdings, dass die Firmen vom Wachstum des Marktpotentials überzeugt sind, und dass die schwierige Phase der Markteinführung überstanden ist, auch wenn sich die Firmen meist immer noch in der Investitionsphase befinden.

Insgesamt wird also der Bedarf nach Fasern steigen und zumindest teilweise können diese Fasern auch in der Schweiz produziert und verarbeitet werden.

3.4 GARTENBRANCHE

3.4.1 TORFERSATZ, EINSTREU UND MULCH

Torf wird der Gartenerde als Auflockerung, zur Wasserspeicherung und Verbesserung der Durchlüftung sowie zur Regulierung des Nährstoffhaushalts beigemengt. In den letzten Jahren wurde allerdings der Einsatz von Torf aus ökologischen Gründen kritisiert, da für seine Gewinnung Hochmoore abgebaut werden müssen. Da diese in der Schweiz unter Schutz stehen, wird der gesamte Torfbedarf durch Importe gedeckt (ca. 200'000 t/a). Aus diesen Gründen wurden Alternativen zu Torf als Beimischung zu Erde gesucht, die dieselben Aufgaben erfüllen. Von den hier untersuchten Pflanzen werden hierfür vor allem Chinaschilf und Hanf (Stengel bzw. Schäben) eingesetzt (Abbildung 7).

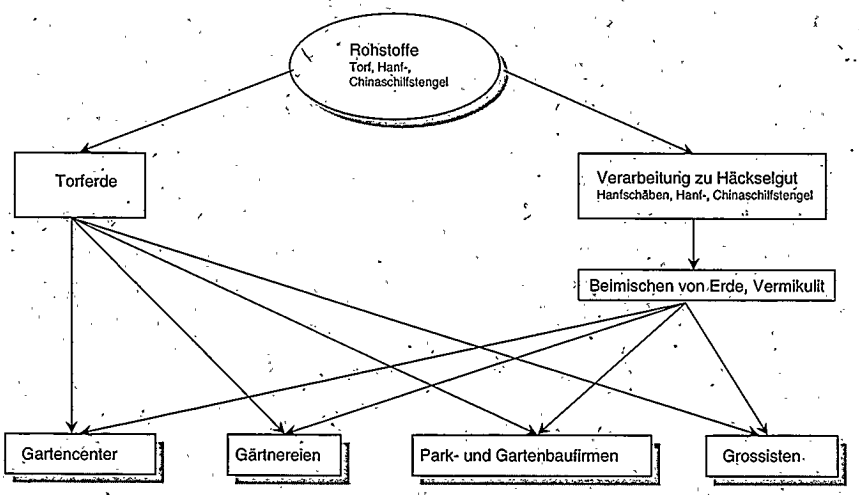


Abbildung 7: Schema für Torfersatz

Abdeckmulch hat die Aufgabe, das Wachstum von Unkraut in Beeten zu unterbinden ohne den Boden zu versiegeln. Zusätzlich kann eine Mulchschicht als Wasserspeicher oder als Frostschutz im Winter (anstelle von Stroh oder Mist) dienen. Von den einheimischen Faserpflanzen kommen – neben Getreidestroh – zur Zeit in der Schweiz vor allem Hanf und Chi-

naschilf für einen Einsatz in Frage. Vor einigen Jahren wurde auch eine Abdeckfolie aus Kenaf produziert, das Produkt konnte sich allerdings nicht im Markt etablieren (Terbatec 1995).

Als Einstreu für Pferdeställe werden traditionellerweise Stroh und Holzspäne eingesetzt (Abbildung 8). Beide Materialien sind relativ einfach zu beschaffen und dementsprechend auch günstig. Allerdings weisen sie auch einige qualitative Nachteile auf: Als Beispiel seien die Schimmelpilzanfälligkeit von Stroh und die Entsorgungsschwierigkeiten beim Einsatz von Holzspänen genannt. Zumindest teilweise können diese Probleme beim Einsatz von Hanf- bzw. Flachsschäben umgangen werden (nova *et al.* 1996).

PRODUKTION

QUALITATIVE UND QUANTITATIVE MARKTPARAMETER

In der Schweiz stellen die Firmen Birosto AG, Leureko AG und Terracomp AG Torfersatz, Einstreu oder Mulchmaterial auf Hanf- bzw. Chinaschilfbasis her, während die Genossenschaft Biomasse Technologie (GSB) hauptsächlich in der Koordination des Chinaschilfanbaus und im Zwischenhandel tätig ist.

Qualitative Vorteile des Chinaschilfeinstreus in der Tierhaltung gegenüber Holzspänen sind die hohe Saugfähigkeit und gute Geruchsbindung (Hr. Steffen, Birosto AG, persönliche Mitteilung 1998). Das aus Spänen bestehende Mulchmaterial wird zunehmend nachgefragt, vor allem von Seiten der Gärtnereien und Gartenbaucenter. Dabei ist für das Marketing das gute Preis/Qualitätsverhältnis ausschlaggebend, der Faktor Ökologie steht eher im Hintergrund. Pro Jahr werden von der Birosto AG nur etwa 50 t Chinaschilfschnitzel verarbeitet.

Die Terracomp AG verbrauchte 1998 etwa 260 t Chinaschilfmaterial für Einstreu (v.a. für Schweine), 5 t für Mulchmaterial und etwa 485 t für Torfersatz (Hrn. Koller, Terracomp AG, persönliche Mitteilung 1998). Letzterer wird entweder in Form von reinem Chinaschilf verkauft oder von der Firma selber den Erdmischungen beigefügt. Zur Zeit ist der Torfersatz noch teurer als Torferde (Koordinationsaufwand, geringe Produktion), langfristig wird damit gerechnet, dass das Produkt den Preis für Torferde sogar unterschreiten könnte.

Die Leureko AG stellt unter anderen Produkten Torfersatz aus Hanf her. Wie Torf erweist sich die Hanffaser als sehr stabil und wird langsam abgebaut. Als wichtiger Pluspunkt gilt, dass sich der Einfluss der Hanffasern auf den Stickstoffhaushalt als sehr günstig erweist (Reding 1998). Mit Chinaschilf war der Stickstoff nämlich entweder stärker gebunden und somit nicht pflanzenverfügbar, oder er wurde in hohem Masse freigesetzt (in Gewächshäusern) (Hr. Leuenberger, Leureko AG, persönliche Mitteilung 1998). Wie bei den Birosto-Produkten findet sich der grösste Absatz im Gartenbau und in Baumschulen und auch hier steht im Marketing die Produktqualität vor dem Faktor Ökologie. Nach Ansicht von Herrn Leuenberger kann der Torfersatz im Prinzip gleich günstig verkauft werden wie Torfmull (35 bis 45 CHF/m^3). Allerdings hängt dies von einer guten Koordination von Anbau (möglichst lokal), Ernte (1998 wurden Erntemaschinen aus Deutschland gemietet) und Verarbeitung ab. Da diese Koordination in der Startphase noch nicht optimiert werden konnte, ist der Torfersatz aus Hanf zur Zeit noch etwa doppelt so teuer wie Torfmull. Es wird aber damit gerechnet, dass in den nächsten zwei Jahren die Preise angepasst werden können. Ein lokaler Ma-

schinenpark für die Hanfernte und -aufbereitung, wie er in der Schweiz zur Zeit noch fehlt, würde die günstige Rohstoffbeschaffung fördern. Seit fünf Jahren werden von der Leureko 5 bis 20 t/Jahr Hanfmaterial verwertet. 1998 wurden 30 ha Hanf aus lokalem Anbau geerntet.

HANDEL

Es wurden Fachleute aus fünf grösserem Gartencenter befragt, von denen vier Center entweder Hanf- oder Chinaschilfprodukte verkaufen.

Die gute Eignung von Chinaschilf als Torfersatz, Bodenauflockerer und Mulch wurde bestätigt, ebenso die gute Saugfähigkeit und Verrottung von Hanfeinstreu. Insgesamt sind allerdings noch nicht viele Erfahrungen oder Rückmeldungen vorhanden, da in den meisten Fällen die Produkte erst vor kurzer Zeit (ein bis zwei Jahre) ins Sortiment aufgenommen wurden. Im Gegensatz zu einigen industriellen Produzenten ist der Handel der Ansicht, dass der ökologische Aspekt der Produkte eine sehr wichtige Rolle bei der Kaufentscheidung der Endkundschaft spielt. Die Nachfrage sei zur Zeit eher zurückhaltend, da es eine Weile dauere, bis sich Einzelkundinnen und –kunden von der Qualität der Produkte überzeugt haben.

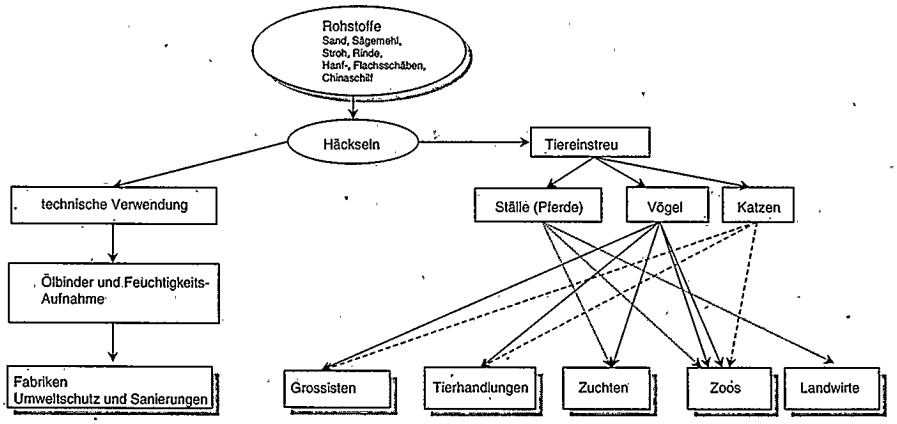


Abbildung 8. Schema für Einstreu und Absorption

Eine Firma, die keine entsprechenden Produkte einsetzt, hielt eine erfolgreiche Markteinführung für möglich unter der Bedingung, dass die neuen Produkte qualitative oder preisliche Vorteile aufweisen. Sie sieht aber eine geeignetere Einsatzmöglichkeit für die Naturfasern in Produkten hoher Wertschöpfung, da sie eine breite Substitution von herkömmlichen Rohstoffen in Produkten geringer Wertschöpfung für kaum möglich betrachtet.

Wichtig ist aber, dass die hier betrachteten Erzeugnisse nur unter den jetzigen Absatzbedingungen für landwirtschaftliche Pflanzenfasern Primärprodukte sind. Zukünftig werden sie aber teilweise als Sekundärprodukte aus den Schäben hergestellt, bei gleichzeitiger Verwendung der höherwertigen Fasern in anderen Produktlinien. Bei dieser Doppelnutzung werden vermutlich die Preise für die Schäben fallen und somit ökonomische Vorteile für die industriellen Produzenten möglich sein.

GÄRTNEREIEN UND BAUMSCHULEN

In diesem Sektor wurden Fachleute von zehn Firmen befragt, davon vier aus Baumschulen.

Als klassisches Mulchmaterial werden Holzschnitzel, Holzwolle und Rindenmulch eingesetzt und als Erde werden, neben Torferde, Komposterde oder Toresa (ein Torfersatz auf Holzbasis) verwendet. Von den hier befragten Firmen setzt keine Chinaschilf oder Hanfprodukte ein, obwohl nach Angaben der Hersteller dieser Produkte Gärtnereien und Gartenbaufirmen die Hauptabnehmer von entsprechendem Mulchmaterial und Torfersatz sind. Dem Anschein nach sind Chinaschilf und Hanf als mögliche Rohstoffe ziemlich unbekannt und auch bei den Kunden ist keine Nachfrage vorhanden. Einzig zwei der Firmen haben ein deutliches Interesse bekundet, falls die Qualität der Produkte sichergestellt und die Preise nicht zu hoch sind. Vor allem beim Torfersatz wird eine sachliche Prüfung der Eigenschaften nötig sein, um die Qualität der Produkte zu belegen; zwei Firmen wiesen auf die der Torferde unterlegene Qualität von Toresa (auf Holzbasis) hin, und in einigen Interviews wurde gegenüber Produkten aus den hier untersuchten nachwachsenden Rohstoffen Skepsis geäussert, der am ehesten durch einen Beleg der guten Eignung der Produkte begegnet werden kann.

3.4.2 GEOTEXTILIEN

Geotextilien können im Erd- und Wasserbau eingesetzt werden und nehmen hier verschiedene Funktionen ein. So können sie z.B. zur Stabilisierung von Böschungen, als Erosionsschutz, für die Trennung verschiedener Bodenarten oder als Filter, der wasserdurchlässig ist, aber Erde zurückhält, eingesetzt werden. Je nach Einsatzort sind dementsprechende Festigkeiten, Beständigkeiten oder Wasserdurchlässigkeiten gefragt. In einigen Einsatzbereichen ist eine Langlebigkeit der Produkte sehr wichtig (zum Beispiel Strassen-, Gleis-, oder Deponiebau). In Anwendungen die den Kulturwasserbau, den Böschungsschutz oder die Sanierungen von Hängen betreffen, kann eine Abbaubarkeit der Geotextilien bzw. der Einsatz von natürlichen Fasern hingegen wichtige Vorteile bringen, wie die bessere Durchwurzelung des Bodens, die bei zunehmendem Wachstum von Pflanzen durch die Anwesenheit der Geotextilien gestört werden kann. In diesen Bereichen können Kunststofftextilien substituiert werden (Müssig und Harig 1997).

Als Rohstoffe werden neben verschiedenen Kunststoffen (insbesondere Polypropylen) in geringen Mengen Kokos- oder Jutefasern eingesetzt. Seit wenigen Jahren sind ausserdem auf dem deutschen Markt Flachsprodukte erhältlich (Kunit ®, Maliwatt ®). Erste Versuche mit Hanf zur Prüfung der Eignung als Erosionssicherung von Böschungen wurden durchgeführt (Müssig und Harig 1997). Dabei werden die Fasern zu Nadelfilzen verarbeitet, die zusätzlich mit Trägergeweben (aus derselben Pflanzenfaser) verstärkt werden können, oder zu stabileren Nähwirkvliesen (Abbildung 9). Eine Übersicht über die Eigenschaften der entsprechenden Produkte befindet sich in nova *et al.* (1996).

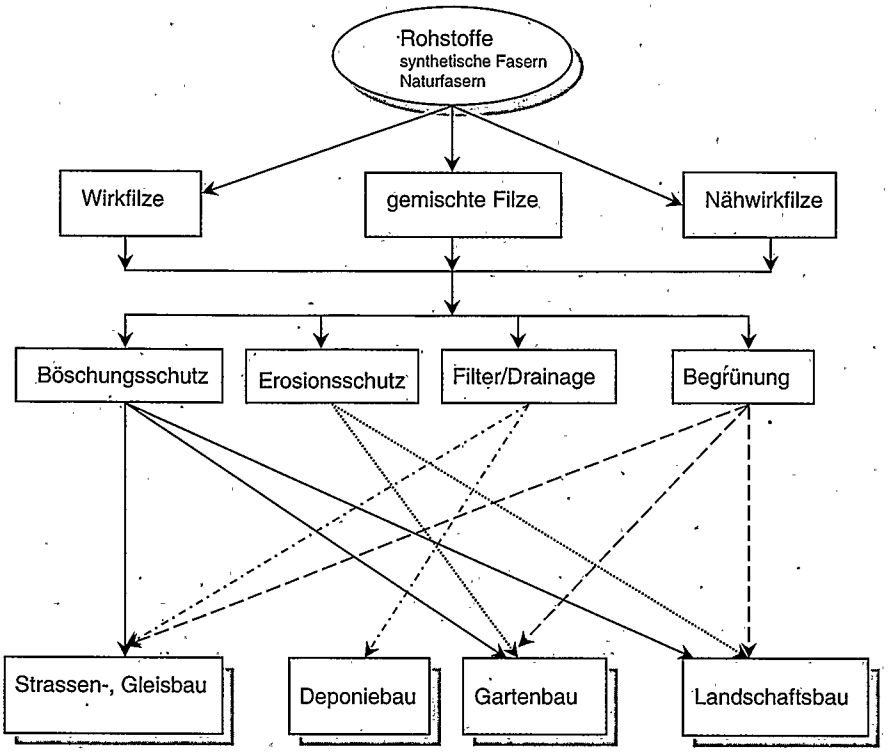


Abbildung 9. Schema für Geotextilien

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Es wurden Personen von fünf Firmen interviewt, von denen vier hauptsächlich bzw. ausschliesslich im Handel tätig sind und eine hauptsächlich Geotextilien produziert.

Eine Firma setzt nur, zwei andere unter anderem Naturfasern ein. Nach ihrer Auskunft werden zur Zeit in der Schweiz keine Flachs- bzw. Hanffasern eingesetzt, hingegen sind Jute- und Kokosfasern verbreitet im Bereich der Wiederbegrünung von Hängen und Böschungen. Von den Firmen, die Kunststoffe (Popypropylen, Polyester, Polyethylen) einsetzen, wird die ungenügende Beständigkeit (die aber je nach Anwendung vorteilhaft sein kann) und Festigkeit der Naturfaservliese kritisiert.

Die Firmen, die über Erfahrungen im Einsatz von Jute- und/oder Kokosfasern verfügen, stellen folgende Bedingungen für einen Einsatz von Flachs- und Hanffasern: Die Lebensdauer der Produkte muss im Bereich derer von Jute und Kokos liegen (für Jute gelten 2 Jahre, für Kokos 5 Jahre) und die Reissfestigkeit darf nicht tiefer liegen als die von Jutevliesen (Kokosfaservliese haben eine höhere Festigkeit als Jutevliese). Zusätzlich muss das Produkt preislich konkurrieren können: Für typische Jutetextilien wurden 2 CHF/m^2 angegeben, für Kokos 3 bis 10 CHF/m^2. Polypropylentextilien kosten zwischen 0,7 bis 3,25 CHF/m^2. Ein Nachteil ist die Unbekanntheit von Flachs und Hanf: Keine der Firmen kennt für diese möglichen Rohstoffe eine Nachfrage. Von allen Firmen wurde als möglicher Einsatz die Böschungsbefestigung und der Erosionsschutz bei Wiederbegrünungen genannt.

MARKTPOTENTIAL

Es wurden wenige Aussagen über Marktpotentiale geäussert. Es gibt Firmen, die Interesse an der Substitution von Jute und Kokos hätten unter der Voraussetzung, dass die oben genannten Bedingungen erfüllt sind. Bezüglich der technischen Eignung wird aufgrund der Angaben von nova *et al.* (1996) sowie Müssig und Harig (1997) von der Tauglichkeit von Flachs- und Hanfgeweben oder -vliesen ausgegangen. Schwierig zu beantworten ist die Frage, ob die Produkte ökonomisch konkurrenzfähig sein werden. In nova *et al.* (1996) wird eine mittelgrob aufgeschlossene Faser (zum Beispiel mechanischer Aufschluss) für die Herstellung von Geotextilien als ausreichend bezeichnet und 1996 betrugen die Preise für entsprechende Hanf- bzw. Flachsfasern 1,5 bis 2 DM/kg. Die Jutefaser würde, inklusive Verarbeitung zum Geotextil, nach obigen Angaben etwa 4 CHF/kg kosten, so dass die Verarbeitungskosten für Hanf und Flachs im Bereich von 2 CHF/kg liegen müssten. Zusätzlich muss davon ausgegangen werden, dass die Preise für Flachs- oder Hanffasern in Deutschland niedriger liegen als in der Schweiz. Infolgedessen wäre eher eine Substitution der teureren Kokosfaser möglich, wobei hier überprüft werden müsste, ob Hanf- und Flachsfasern ähnlich gut beständig sind (5 Jahre Abbauzeit).

Nach der Schätzung eines Experten beträgt der Markt für Kokosgewebe etwa 50'000 m^2/Jahr, was etwa 25 t Fasermaterial entspricht. Eine andere Schätzung geht von insgesamt etwa 200'000 bis 300'000 m^2/Jahr potentiell substituierbarer Naturfasern aus, was einer Menge von 100 bis 150 t mittel bis grob aufgeschlossenem Fasermaterial entspricht. Auch wenn zwei der Firmen Interesse an einem Einsatz von einheimischen Hanf- oder Flachsfasern haben, ist vorerst wahrscheinlicher, dass die Produkte importiert würden, da auch für den mechanischen Aufschluss die Anlagen in der Schweiz zur Zeit fehlen und entsprechende Investitionen kaum von den Firmen getätigt werden würden.

3.5 KUNSTSTOFFBRANCHE

Die Kombination einer Matrix mit Fasern wird als Faserverbundwerkstoff bezeichnet. Fasern verschiedenster Art werden in der Kunststoffbranche eingesetzt, um zusammen mit Matrixharzen (zum Beispiel Polyester, Phenol- oder Epoxidharze) Werkstoffe mit hohen spezifischen Steifigkeiten und Festigkeiten bei gleichzeitig geringem Gewicht herzustellen. Dem Prinzip nach werden dabei die auf den Werkstoff wirkenden Kräfte auf die Fasern übertragen, die durch die formgebende, leichte Matrix verbunden werden. Häufigste Faser in Faserverbundwerkstoffen ist die Glasfaser. In Werkstoffen höchster Festigkeit werden auch die teureren Carbonfasern oder Kevlar eingesetzt. Seit etwa 10 Jahren wird auch die Verwendung von Naturfasern geprüft. Aufgrund der hohen spezifischen Festigkeiten (Tabelle 17) vor allem von Hanf-, Flachs- und Ramiefasern und ihres geringen Gewichts können diese Fasern für Leichtbauteile technische Vorteile gegenüber Glasfasern aufweisen (Hermann *et al.* 1997). Ausserdem ist bei Verwendung der Naturfasern, auch in Kombination mit herkömmlichen Matrices, das Recykling und die Entsorgung der Produkte einfacher als mit Glasfasern.

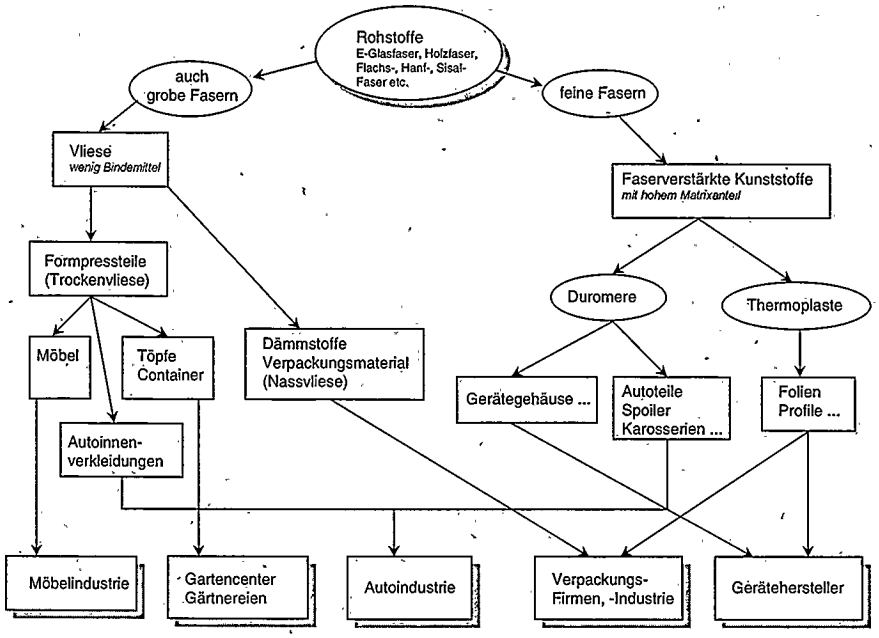


Abbildung 10. Schema für faserverstärkte Kunststoffe aus Flachs, Hanf und Chinaschilf

Naturfasern können in zwei verschiedenen Werkstoffgruppen eingesetzt werden: in Verbundwerkstoffen mit geringem (20 bis 30%) oder mit hohem Matrixanteil (mehr als 60%) (Abbildung 10).

Im ersten Fall werden mechanisch aufgeschlossene, relativ grobe Fasern, die entsprechend günstig sind, verwendet. Bereits realisierte Produktlinien solcher Verbunde, die meist im Formpressverfahren hergestellt werden, sind zum Beispiel Innenaustattungen im Automobilbereich wie Türverkleidungen und Hutablagen (Klabunde und Thole 1995; Daimler Benz 1997; Sell und Thalmann 1998), oder biologisch abbaubare Pflanzentöpfe und -schalen (Murer 1998).

Für Verbundstoffe mit hohem Matrixanteil werden stark vereinzelte Fasern zu Produkten hoher Festigkeiten verarbeitet (Mieck und Reussmann 1998), die von den technischen Eigenschaften her denen von glasfaserverstärkten Kunststoffen gleichen. Typische Einsatzbereiche dieser stabilen, leichten Werkstoffe finden sich im Flugzeug-, Automobil- und Eisenbahnbau, in Gerätegehäusen und in Sportartikeln.

In der Kunststoffbranche wurde eine Vielzahl von unterschiedlichen Verarbeitungsverfahren für verschiedene Faserverbund-Werkstofftypen (zum Beispiel mit Thermoplasten und Duromeren) entwickelt. In der Regel lassen sich diese Produkte - ein wichtiger Vorteil dieser Werkstoffe - auch bezüglich der Festigkeiten dem Anwendungszweck entsprechend konstruieren (Hermann *et al.* 1997). Übersichten über verschiedene Verfahren finden sich in nova *et al.* (1996) und Köhler *et al.* (1998).

Ein weiterer, jüngerer Forschungszweig mit aussichtsreichen Zukunftsperspektiven befasst sich mit biologisch abbaubaren, faserverstärkten 'Kunststoffen'. Ziel der Forschung ist es, technisch gute Werkstoffe zu finden, die leichter rezyklierbar, aschefreier und CO_2-neutral verbrennbar bzw. auch biologisch abbaubar (kompostierbar) sind, um Substitute für die schwer rezyklierbaren glas- oder carbonfaserverstärkten Kunststoffe zu finden. Als Matrices dienen hierbei abbaubare Biopolymere, die zum Beispiel auf der Basis von Stärke (thermoplastische Stärke), Milchsäure (Polylactidacid), bakteriellen Polyestern (Polyhydroxybuty-

rat / –valerat), Cellulose (Cellulosediacetat) oder auch petrochemischen Bestandteilen gebildet werden können.

Typische Vorteile der Pflanzenfasern gegenüber Glasfasern sind in dieser Anwendung die geringe Dichte, die Abbaubarkeit oder die geringe Schlackenbildung bei der Verbrennung. Als nachteilig erweisen sich meist die Quellung, bedingt durch Feuchtigkeit (hygroskopisches Verhalten der Naturfasern), die schlechte Haftung an der Matrix und die schwankende Qualität der Fasern (Keller *et al.* 1997). Unter Einsatz verschiedener Chemikalien oder Copolymere können die Hygroskopizität und die Matrixhaftung soweit beeinflusst werden, dass Werkstoffe entstehen, die entweder biologisch abbaubar oder dauerhaft bzw. vollständig CO_2-neutral verbrennbar (ohne Aschen- und Schlackenbildung wie bei Glasfasern) sind und andererseits technische Eigenschaften aufweisen, die eine weitgehende Substitution von glasfaserverstärkten Kunststoffen möglich machen (Hermann *et al.* 1997).

Diese Polymere können mit den herkömmlichen thermoplastischen Verfahren für konventionelle Kunststoffe verarbeitet werden. Übersichten über auf dem Markt erhältliche Biopolymere finden sich in nova *et al.* (1996), Keller *et al.* (1997), Wollerdorfer und Bader (1998) und Riedel (1998).

QUANTITATIVE MARKTBESCHREIBUNG

Die Kunststoffbranche ist in zweierlei Hinsicht unterschiedlich: Erstens gibt es für verschiedenste Produktlinien eine Vielzahl an unterschiedlich weit verarbeiteten Ausgangsstoffen und Zwischenprodukten. Zweitens stellen die einzelnen Firmen häufig Produkte aus verschiedenen Materialien aber auch für verschiedene Branchen her. So kann eine Firma zum Beispiel Folien für den Gartenbau, Rohre für das Baugewerbe und faserverstärkte Kunststoffe für Apparategehäuse herstellen. Es liegt auf der Hand, dass durch diese Diversität der Branche die Suche nach konkreten Werkstoffen oder nach branchenspezifischen Produkten erschwert wird.

Die Tabelle 17 gibt eine Übersicht zum schweizerischen Kunststoffmarkt, aufgegliedert nach Kategorien verschiedener Wertschöpfung.

Im Jahr 1996 wurden über eine Milliarde Tonnen Kunststoffe importiert, während der Export etwa die Hälfte betrug. Die Umsatzbilanz von Import und Export ist hingegen ausgeglichen. Mengenmässig am bedeutendsten sind die ungeformten Kunststoffe. Dazu zählen vor allem die polymeren Ausgangsstoffe, die auf Erdölbasis aber zum Beispiel auch aus Cellulose hergestellt werden. Produktionsdaten zu den einzelnen Stoffen liegen nicht vor. Am meistem importiert werden Polyethylene (26% des Volumens), Polyether, Polycarbonate und Polyester (zusammengefasst; 18%), Polystyrole (13,5%), halogenierte Mono- und Polymere (10%) und Polypropylene (9%). Mengenmässig werden nur Polyamide in grösseren Mengen exportiert als importiert.

Zu den Halbzeugen zählen zum Beispiel Ionentauscher, Rohre und Schläuche, verschiedene Beläge oder Platten, Bänder und Folien. Sowohl mengen- als auch umsatzmässig sind für die Aussenhandelsbilanz vor allem Rohre und Schläuche sowie Platten, Bänder und Folien von Bedeutung. Zu den Fertigwaren gehören beispielsweise Waren zu Bauzwecken, Transport- oder Verpackungsmittel, Haushalts- und Toilettenartikel.

Tabelle 17. Übersicht über den schweizerischen Kunststoffmarkt

Situation 1996						
Sortimente	Marktvolumen [1'000 t]				Marktanteil [%]	
	Import	Export	Produktion	Verbrauch	Import	Export
ungeformte Kunststoffe	734'450	274'391	132'820	592'879	67,3	45,8
Halbzeug	204'367	194'559			18,7	32,5
Fertigwaren	136'242	104'916			12,5	17,5
Abfälle	16'510	25'179			1,5	4,2
Total	1'091'569	599'045			100	100
	Preise [CHF/kg]		Umsatz 1996			
	Import	Export	Import	Export		
ungeformte Kunststoffe	2,09	4,50	1'534'182	1'234'094		
Halbzeug	5,32	6,15	1'086'920	1'196'079		
Fertigwaren	7,94	10,23	1'081'212	1'009'495		
Abfälle	0,26	0,37	3'702'314	3'439'668		
Marktentwicklung 1994 bis 1996 (1994=100%) [%]						
Sortimente	Menge		Umsatz			
	Import	Export	Import	Export		
ungeformte Kunststoffe	97,9	109,0	100,2	110,5		
Halbzeug	96,5	82,3	96,8	27,8		
Fertigwaren	95,6	111,1	97,7	104,7		

Quellen: Kunststoff-Statistik (1997); Oberzolldirektion (1997)

QUALITATIVE MARKTPARAMETER

Es wurden Fachleute von 30 Firmen aus der Kunststoffbranche interviewt, von denen die meisten Firmen Produkte für verschiedene Branchen herstellen. Trotz dieser Diversität wurden die Firmen entsprechend ihren Produktions- oder Handelsschwerpunkten verschiedenen Kategorien und Branchensegmenten zugeteilt, da die meisten Fachleute entsprechend diesem Schwerpunkt Auskunft gaben.

Von den 30 befragten Firmen hatten nur vier Erfahrungen mit landwirtschaftlichen Faserpflanzen: Eine Firma setzte Chinaschilf als Rohstoff für verschiedene Produkte ein, eine andere hatte Versuche mit Chinaschilf im Verpackungsbereich durchgeführt, eine weitere hatte erfolgreiche Versuche mit Sisal im Füllstoffbereich durchgeführt und eine vierte war im Bereich der Automobil-Zulieferindustrie mit nachwachsenden Fasern tätig. Daneben haben drei weitere Firmen grosses Interesse an einem zukünftigen Einsatz von Pflanzenfasern in ihren Betrieben bekundet. Der Anteil an Firmen, die mit nachwachsenden Pflanzenfasern arbeiten, ist gering, aber es muss nochmals festgehalten werden, dass bewusst auch Betriebe befragt wurden, die mit konventionellen Rohstoffen arbeiten, um ihre Ansichten über Vor- und Nachteile oder die Zukunftschancen von nachwachsenden Rohstoffen in der Kunststoffindustrie zu erfahren.

Alle Befragten, die sich über zukünftige Entwicklungen äusserten, sahen ein Marktpotential für landwirtschaftliche Fasern in der Kunststoffbranche, wobei die meisten von einer kleinen Marktnische sprachen. Wichtig ist, dass 30% der Firmen eine konkrete Nachfrage bei Kunden bzw. Händlern beobachtet haben und dies in verschiedenen Bereichen von einfachem Füllmaterial bis hin zu High-Tech-Produkten. Insgesamt war das Interesse der befragten Fachleute an Informationen über nachwachsende Rohstoffe vergleichsweise gross, und die Betriebe scheinen im Vergleich zu anderen Branchen ein grösseres Innovationspotential zu

haben (was auch mit den geringen anfallenden technischen Modifikationen im Falle einer Rohstoffsubstitution zusammenhängt).

DÄMMSTOFFE AUS PUR/PIR-SCHÄUMEN

Bei den befragten Herstellern von Dämmstoffen werden als Markthemmnisse für nachwachsende Pflanzenfasern ähnliche Gründe genannt, wie sie im Kapitel der Dämmstoffe schon besprochen wurden. Als mögliche Nische wird der Einsatz von Bastfaserdämmstoffen im Einfamilienhausbau mit privaten Bauherren gesehen. Eine der Firmen hat grosses Interesse am Einsatz von Dämmstoffen aus Hanf oder Flachs als Teilsubsititution, falls die kontinuierliche Lieferbarkeit gewährleistet ist und die Preise etwa denen konventioneller Produkte entsprechen. Wie schon erwähnt, ist eine Bereitstellung von preislich den Dämmschäumen ähnlichen Bastfaserdämmmatten zur Zeit kaum möglich. Eine genügende Nachfrage auf dem Markt sollte aber vorhanden sein.

ZULIEFERER FÜR AUTOMOBIL-, FLUGZEUG- UND EISENBAHNINDUSTRIE

Es wurden neun Firmen befragt, die zumindest mit Teilsortimenten in diesem Bereich tätig sind. Fast die Hälfte der Experten sehen eine zukünftige Marktnische für nachwachsende Rohstoffe, und zwar nicht nur für die Formpressteile mit grob aufgeschlossenen Fasern und geringem Matrixanteil, sondern auch für leichte High-Tech-Teile wie zum Beispiel im Karosseriebau. Von einer konkreten Nachfrage seitens der Kundschaft sprachen nur zwei Experten aus dem Bereich automotiver Bauteile und dem Flugzeugbau, beide im Sinne von Produkten hoher Wertschöpfung.

Die Firma Rieter AG hatte Versuche mit nachwachsenden Pflanzenfasern im Bereich der Automobil-Zulieferindustrie durchgeführt. Nach Aussage von Herrn Weber (Rieter AG, persönliche Mitteilung 1998) traten keine grundsätzlichen ökonomischen oder technischen Probleme auf - auch die Verfügbarkeit des Materials oder nötige Investitionen seien nicht wirklich problematisch. Limitierend seien vielmehr die vorhandenen Informationslücken: Eine solide Datenbasis über technische Kennwerte und das Verhalten der Naturfasern in den Verbunden sei notwendig, um die geeigneten Einsatzbereiche zu finden. Die Tatsache, dass die Versuche gute Ergebnisse zeigten, ist wichtig als Bestätigung für die prinzipielle Eignung der Fasern.

Als weitere mögliche limitierende Faktoren für nachwachsende Pflanzenfasern in diesen Einsatzbereichen sahen die Befragten vor allem die Festigkeitswerte der Produkte (45%) und das hygroskopische Verhalten der Naturfasern (22%), das zu Quellungen und damit Spannungen im Werkstoff führen kann. Als mögliche Probleme wurden weiter genannt: die Lieferbarkeit, die Matrixhaftung und die Hitzebeständigkeit der Fasern. Als mögliche Vorteile der Naturfasern wurden geringere Rohstoffpreise, die geringere Dichte und ökologische Vorteile genannt.

GARTENPRODUKTE

Die vier befragten Firmen decken folgende Produktpalette ab: Gartenfolien (Mulch- und Ökofolien), Pflanzenbehälter, Pflanzentöpfe, Tunnelfolien und Gewächshäuser. Eine Firma hatte bereits Versuche mit Kartoffelstärke und Cellulose durchgeführt im Gartenfolienbereich. Die Versuche wurden abgebrochen, da die Rohstoffkosten zu hoch lagen (Folien aus Stärke sind viermal so teurer als solche aus Polyethylen) und allgemein keine Nachfrage im Gartenfolienbereich vorhanden sei.

Die Firma Napac AG stellt abbaubare Pflanzentöpfe verschiedener Grösse aus einem Verbund mit Chinaschilffasern (hoher Faseranteil) und Biopolymeren her. Die Töpfe können gezielt durch Veränderungen an den Fasern oder der Matrix (bzw. deren Anteilen) in ihrer Abbaurate beeinflusst werden, so dass zum Beispiel auch langlebige Gefässe hergestellt werden können. Für den Absatz wird der Kontakt zu grösseren Handelsfimen gesucht und der Detailhandel vorläufig gemieden. Im Marketingkonzept stehen die ökologischen Vorteile der Produkte und die Tatsache, dass ressourcenschonende, nachwachsende Rohstoffe dafür eingesetzt wurden im Vordergrund (B. Murer, Napac AG, persönliche Mitteilung 1998). Die zwei weiteren befragten Firmen haben keinerlei Nachfrage nach Produkten aus nachwachsenden Pflanzenfasern registriert.

WEITERE PRODUKTE

Im Bereich der Produktion von Apparategehäusen sahen die befragten Fachleute keine Einsatzmöglichkeiten. Als Begründung wurde erwähnt, dass die Festigkeitswerte der Naturfasern denjenigen der Glasfasern unterlegen sei, dass keine Gewissheit besteht, ob die Matten aus Pflanzenfasern in gleicher Ausdehnung, Dichte und Faserfeinheit wie bei Glasfasern bereitgestellt werden können und dass die Rohstoffkosten höher als die von Glasfasern seien.

Bei der Produktion von Faserfüllstoffen wurden von der Centrachem AG (Hr. Jordi, persönliche Mitteilung 1998) erfolgreiche Versuche mit Sisal durchgeführt. Als mögliche Matrix eignen sich hier Polyester- und Epoxidharze. Die Naturfasern weisen sogar Vorteile bei der Zerfliessung auf, da ihre Querschnitte nicht ganz rund sind (Kapillarkräfte). Ihre Festigkeit liegt zwischen der von Glas- und Carbonfasern, mit der Möglichkeit der zusätzlichen thermischen Verhärtung. Das grössere Problem war die Erhältlichkeit der Fasern in Form von Vliesen oder Geweben. Wichtig ist auch die Aussage, dass die Naturfasern in diesem Bereich bekannt sind und eine Nachfrage vorhanden ist.

Auch bei der Produktion von verschiedenen faserverstärkten Behältern wurden Versuche mit Sisal durchgeführt (Hr. Klein, Faserplast AG, persönliche Mitteilung 1998). Hier zeigte sich allerdings, dass die Hygroskopie der Fasern zu Problemen im Einsatz führte, und dass eine kontinuierliche, homogene Verarbeitung in Matten schwierig war, so dass es innerhalb des Verbundes zu Diskontinuitäten kam, zur sogenannten Bildung von 'Fasernestern'. Für einen erfolgreichen Einsatz ist die Erhältlichkeit von homogenen Faservliesen, die zudem billiger als Glasfaservliese sein müssten, eine wichtige Bedingung. Neben den erwähnten kompostierbaren Pflanzentöpfen stellt die Firma Napac AG CD-Verpackungen her und bereitet Markteinführungen mit Produkten für Autozusatzteile (zum Beispiel Rückspiegel und Türgriffe) und Filmverpackungen vor, auch hier unter Verwendung von Naturbindern und China-

schilffasern (B. Murer, Napac AG, persönliche Mitteilung 1998). Die Firma koordiniert die Faserproduktion, stellt eigene Flocken und Granulate her und kann auf eigenen Anlagen produzieren. Für den Automobilbereich wird bestätigt, dass Flachs- und Hanffasern zunehmend mit Glasfasern konkurrieren, wobei sich hier das Formpressverfahren mit Vliesen am besten eigne. Die wichtigsten limitierenden Faktoren der Naturfasern seien ihr hygroskopisches Verhalten und allgemein die Qualitätsveränderungen bei unterschiedlicher Faserfeuchte. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass in der Schweiz verschiedene Firmen zum Beispiel für die Herstellung von Füllmaterial oder Bestecken einige der oben erwähnten abbaubaren Biopolymere einsetzen, die aber keine Pflanzenfasern enthalten.

MARKTPOTENTIAL

Die vorliegende Schätzung des Marktpotentials basiert auf Aussagen einiger Firmen. Die Napac AG sieht für 1999 ein Firmenpotential von 500 bis 1000 t Fasermaterial, wobei überwiegend Chinaschilf für die erwähnten Gartenartikel und CD-Verpackungen eingesetzt wird. Ein anderer Experte (dessen Firma in eigenen Versuchen Erfahrungen mit Sisalfasern gesammelt hat) hält das Injektionsverfahren am geeignetsten für naturfaserverstärkte Kunststoffe und geht hier in den nächsten Jahren von einer möglichen Glasfaser-Substitution von 50% aus, was zu einem Faserbedarf von etwa 100 t pro Jahr führen würde. Eine weitere Firma ist hauptsächlich im Kunststoffgewerbe tätig, setzt aber daneben Holzspäne als Lederversteifung in Schuhen ein. Ihr Bedarf liegt bei 1000 t Holzspänen pro Jahr, die teilweise durch landwirtschaftliche Fasern ersetzt werden könnten.

Unter der Annahme, dass Verbundwerkstoffe mit Naturfasern zukünftig bezüglich der Herstellungsprozesse und der Produktqualität weiter optimiert werden, kann im Zusammenhang mit dem bedingten Interesse einiger Firmen davon ausgegangen werden, dass das zukünftige Marktpotential wachsen wird. Die hier geschätzten 1'000 bis 1'500 t/Jahr Fasermaterial, die innerhalb von etwa drei Jahren als Jahrespotential eingesetzt werden können, werden in fünf Jahren vermutlich überschritten sein. Sehr wichtige Faktoren für diese Entwicklung sind bestimmt der jetzt schon hohe Bekanntheitsgrad der Naturfasern und die grosse Nachfrage bei der Kundschaft oder beim Zwischenhandel, also eine Situation wie sie in der Baubranche zum Beispiel bei den Dämmstoffen oder dem Lehmbau anzutreffen ist.

Von Bedeutung ist sicherlich auch, dass der Markt der Naturfasern in der Kunststoffbranche nicht nur durch Marktnischen und von innovativen Kleinbetrieben erschlossen wird, sondern dass die Automobil- und Flugzeugbranche (zum Beispiel Daimler Benz, Volkswagen) den Einsatz von Naturfasern erprobt und auch realisiert. Somit fällt eine wichtige Markteintrittsbarriere, die ökonomische und marketingspezifische Überlegenheit von Grossunternehmen, weg bzw. der Bekannheitsgrad und die rationalisierbare Massenproduktion von Naturfaserprodukten wird auf diese Weise gefördert. Zusätzlich wurde, im Vergleich zu beispielsweise der Papier- und Spinnereibranche, aus technischer Sicht die Substitution konventioneller Rohstoffe durch Naturfasern als eher durchführbar betrachtet und ökonomische Nachteile bezüglich der Rohstoffkosten oder aufgrund technischer Modifikationen wurden selten erwähnt.

Aufgrund der Interviews und Literaturangaben ist anzunehmen, dass die Substitution von Glasfasern in vielen Kunstoffprodukten zunehmen und der Marktanteil von Naturfasern (Hanf Flachs, Sisal, Baumwolle, Holz und eventuell Ramie) in den nächsten Jahren vergleichsweise rasch wachsen wird.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Das Ergebnis der ermittelten kurzfristigen und langfristigen Marktpotentiale sind in Tabelle 18 dargestellt. Es sei nochmals erwähnt, dass bestimmte Branchen weder mit den vorhandenen Statistiken noch durch die Interviews vollständig erfasst werden konnten, und sich die Schätzungen in diesen Fällen auf einzelne firmenbezogene Angaben abstützen. Für den Papierhandel und den Lehmbau zum Beispiel könnten die Marktpotentiale in Wirklichkeit durchaus grösser sein.

4.1 FASERPFLANZEN

Hanf und *Flachs* sind die bekanntesten, einheimisch anbaubaren Pflanzenfasern mit den grössten bzw. den vielfältigsten Potentialen (Tabelle 18). Dazu tragen verschiedene Gründe bei, darunter sicherlich der relativ einfache Anbau, die guten technischen Eigenschaften der Fasern (zum Beispiel Faserlänge und Festigkeit), die damit verbundenen vielseitigen potentiellen Anwendungsmöglichkeiten aber auch die Popularität der Pflanzen als nachwachsende Rohstoffe in den meisten Teilen Europas, in Teilen Asiens und zunehmend auch in den USA und Kanada. Die insgesamt hohe Einschätzung von Flachs ist insofern erstaunlich, da in der Schweiz kein Flachs zur Fasergewinnung angebaut wird. Allerdings ist und war die Faser immer im (Textil-) Handel erhältlich.

Chinaschilf wird tendenziell in Produkten geringerer Wertschöpfung verwendet, auch wenn die Fasern in Kunststoffen eingesetzt werden, wobei sie in diesem Fall allerdings nicht stark vereinzelt werden müssen. Vorzüge von Chinaschilf, die zu Massenprodukten geringer Wertschöpfung führen können, sind sicherlich der mit geringem Aufwand verbundene Anbau, die Mehrjährigkeit der Pflanze und die hohen Erträge.

Am geringsten wird das Marktpotential von *Kenaf* eingeschätzt. Obwohl über Handelsfirmen, die auch über ausländische Anbauflächen verfügen, Kenaffasern erhältlich sind (T. Grether, IBF AG, persönliche Mitteilung 1998), ist der Bekanntheitsgrad bei den hier befragten Fachleuten gering. Diese Aussage kann auch auf ganz Europa bezogen werden, wo die Verwendung von Kenaf - zumindest im Vergleich zu Flachs und Hanf - gering ist. Anders verhält es sich in den USA, wo Kenaf zum Beispiel wegen seinem Potential zur Papiergewinnung bekannter ist (Fuller und Doler 1994, Neill und Kurtz 1994).

Tabelle 18. Zusammenfassung der Marktpotentiale in den verschiedenen Branchen

Branche	Produktlinien	Kulturen	Marktpotential		Bemerkungen
			kurzfristig (bis 3 Jahre) [t/Jahr]	langfristig (länger als 3 Jahre) [t/Jahr]	
Papier-produktion	technisches Filterpapier	Hanf	kein	5000	Bedingungen: viel niedrigere Rohstoffpreise für Hanffasern; ökologische Vorteile gegenüber Holz; Hanfzellstoff wird importiert (keine CHFA)
Papierhandel	v.a. Designpapier, wenig Büropapier	Hanf	15 bis 20	evtl. Abnahme, da aktuelles Modeprodukt	Papier wird importiert; keine Auswirkung auf den Anbau in der Schweiz
Weberei	verschiedene Textilien	Flachs, Hanf	100 Flachs, 15 Hanf	vermutlich keine Zunahme	Flachs- und Hanfgarne werden importiert; zur Zeit keine Flachs- oder Hanfspinnerei in CH
Textilhandel	Oberbekleidung, Gastro- u. Heimtextilien	Flachs, Hanf	keine konkreten Angaben	Flachs: Markt stabil Hanf: Zunahme bis grössere Marktnische	Flachs: Einsatz von importierten Garnen in Weberei möglich. Beide: vorläufig instabil Hanf: Import von Fertigprodukten
Dämmstoffe	Blasdämmung Dämmmatten	Hanf, Flachs	Blasdämm.: 375 (Hanf) Hanfmatten: >10	500 – 1000	lokaler Anbau bei Blasdämmung; zukünftiger Bedarf etwa 200 bis 300 ha; Flachs wird eingesetzt, falls Hanfmarkteinführung positiv.
Faserbeton	Armierung gegen Schwindrisse	Flachs, Hanf	keine konkreten Angaben; Interesse vorhanden	Teilsubstitution von Polypropylen und Glasfaser	technisch und ökonomisch geeignet; fehlende Datenbasis und Erfahrungen; Import da keine CHFA
Bauplatten	Spanplatten	Hanf, Flachs, Chinaschilf; Kenaf	keine konkreten Angaben; Interesse vorhanden	Mindestbedarf: 2500 Chips	Bedingung: Rohstoffpreise niedriger, kontinuierliche Belieferung; Probleme: Saisonalität; Vorteile: gute Qualität (Chinaschilf, Kenaf), geringe Modifikationen, lokaler Anbau möglich
	Bauelemente	Hanf, (evtl. Flachs)	400 Schäben	Zunahme	400 t Schäben entsprechen 80 ha Anbaufläche, grosse Nachfrage, Schäben aus Frankreich importiert (Logistik)
Lehmbau	Lehmziegel, Verputze	Hanf, Flachs, Chinaschilf	10 bis 20	starke Zunahme	Pflanzen können lokal angebaut werden, das Marktpotential wird stark wachsen
Gartenbranche	Torfersatz, Mulch, Einstreu	Hanf, Chinaschilf	Hanf: 20 Chinaschilf: 800	starke Zunahme	Pflanzen können lokal angebaut werden; 1998: 30 ha Hanf
Geotextilien	Begrünungen	Flachs, Hanf	keine konkreten Angaben	100 bis 150	technisch und ökonomisch realisierbar; Importe, da keine CHFA
Faserverstärkte Kunststoffe	geringer Matrixanteil: Töpfe, Verpackungen, Automobil, etc.	Chinaschilf, Hanf, Flachs	1000 bis 1500	Zunahme	zu grossem Teil in der Schweiz produzierbar, lokaler Anbau: Produkte geringer Wertschöpfung
	hoher Matrixanteil (Injektionsverfahren)	Hanf, Flachs	100	Zunahme	Substitution von Glasfasern; wegen fehlender CHFA zur Zeit nicht in der Schweiz produzierbar

CHFA: Schweizerische Faseraufschlussanlage

4.2 PRODUKTLINIEN

Um die untersuchten Produktlinien bezüglich ihrer Positionierung im Markt näher zu umschreiben, werden ihre Marktpotentiale und Wertschöpfung bzw. ihre technische und ökonomische Realisierbarkeit in den Abbildungen 11 und 12 dargestellt.

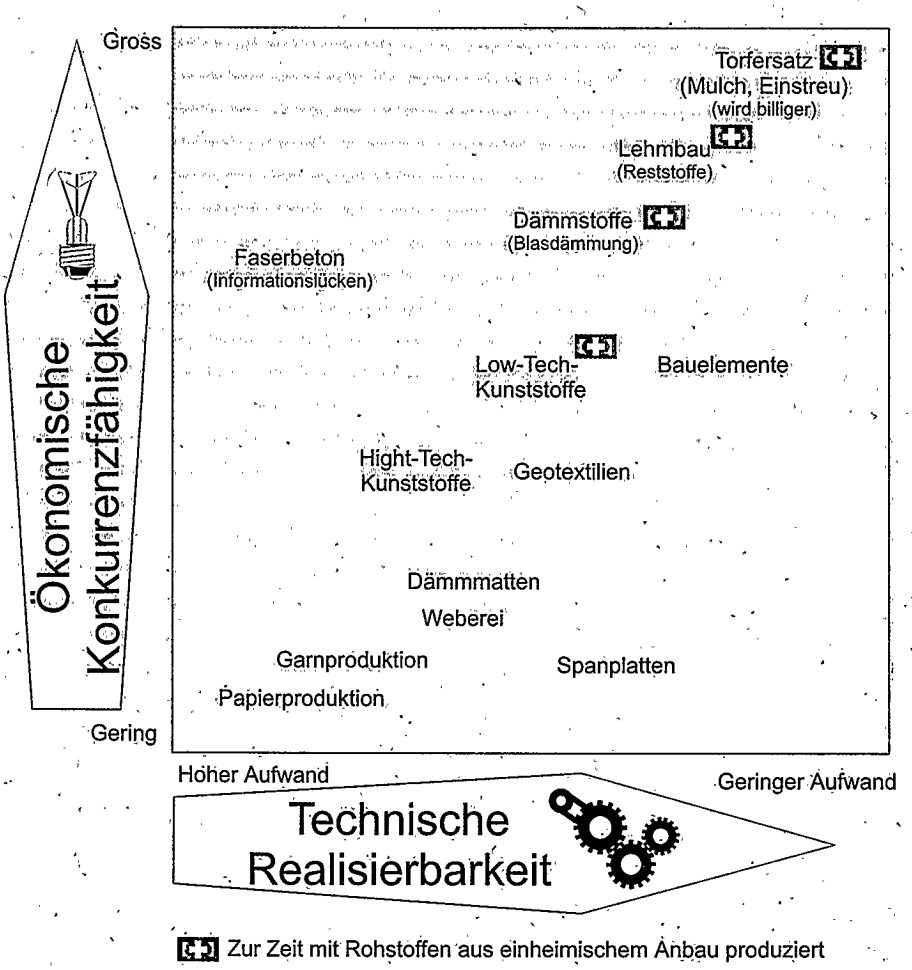


Abbildung 11. Qualitativer Vergleich der Produktlinien bezüglich ihrer Realisierbarkeit und preislichen Konkurrenzfähigkeit

Die Abbildung 11 und 12 zeigen, dass zur Zeit vor allem Produkte geringer Wertschöpfung mit geringem technischen Herstellungsaufwand zu konkurrenzfähigen Preisen produziert werden. Dies ist vor allem durch zwei Gründe bedingt:

Erstens ist die Faseraufbereitung, teilweise sogar die Ernte, in der Schweiz mit erheblichen Kosten verbunden, da die nötige Infrastruktur fehlt. So können fein aufgeschlossene Fasern in der Schweiz gar nicht produziert werden, da die nötigen Aufschlussanlagen fehlen und das Fasermaterial importiert werden muss. Es stellt sich somit die Frage, unter welchen Bedingungen ein schweizerischer Faseraufschluss preislich günstigere Fasern als die importierten Fasern herstellen könnte.

Ein zweiter Grund für die relativ geringe ökonomische Konkurrenzfähigkeit einiger Produkte hoher Wertschöpfung ist die Tatsache, dass viele dieser Produkte in vielen Zwischenschritten unter hohem technischem Aufwand produziert werden. Die technischen Abläufe sind dabei an konventionelle Rohstoffe adaptiert und die Einführung neuer Rohstoffe kann zu auf-

wendigen technischen Modifikationen oder neuen Optimierungsprozessen führen, die sich auch in der ökonomischen Konkurrenzfähigkeit niederschlagen (zum Beispiel Papier- oder Spinnereibranche). In diesem Sinne besteht zur Zeit ein klarer Zusammenhang zwischen aufwendiger technischer Realisierbarkeit und geringer ökonomischer Konkurrenzfähigkeit.

Ein weiterer Grund für die geringe Konkurrenzfähigkeit, der jedoch für die Verwendung von Pflanzenfasern in Produkten hoher Wertschöpfung spricht, betrifft die Rohstoffkosten: Unter derzeitigen Bedingungen werden Faserpflanzen auf weiträumig verteilten kleinen Feldern angebaut (Koordinationsprobleme), die Transportwege sind häufig lang und Erntemaschinen müssen teilweise aus Deutschland gemietet werden. Damit können Hanf- oder Flachsfasern mit billigen Massenrohstoffen wie Baumwolle (Textilien) oder Holz (Zellstoff und Papier) in Massenprodukten nicht konkurrieren und deshalb höchstens in Spezialprodukten (zum Beispiel edle Gastrotextilien, technische Spezialpapiere) eingesetzt werden.

Neben den Produktlinien, in denen bereits landwirtschaftliche nachwachsende Rohstoffe eingesetzt werden und in denen (mit Ausnahme des Papierhandels und der Leinentextilien) von einem Zuwachs der Marktvolumen ausgegangen wird, scheinen vor allem folgende Bereiche realistische Chancen für einen zukünftigen Einsatz vor allem von Hanf- und Flachsfasern zu haben: Faserbeton, faserverstärkte Kunststoffe mit hohem Matrixanteil und stark vereinzelten Fasern sowie Geotextilien im Bereich von Begrünungen.

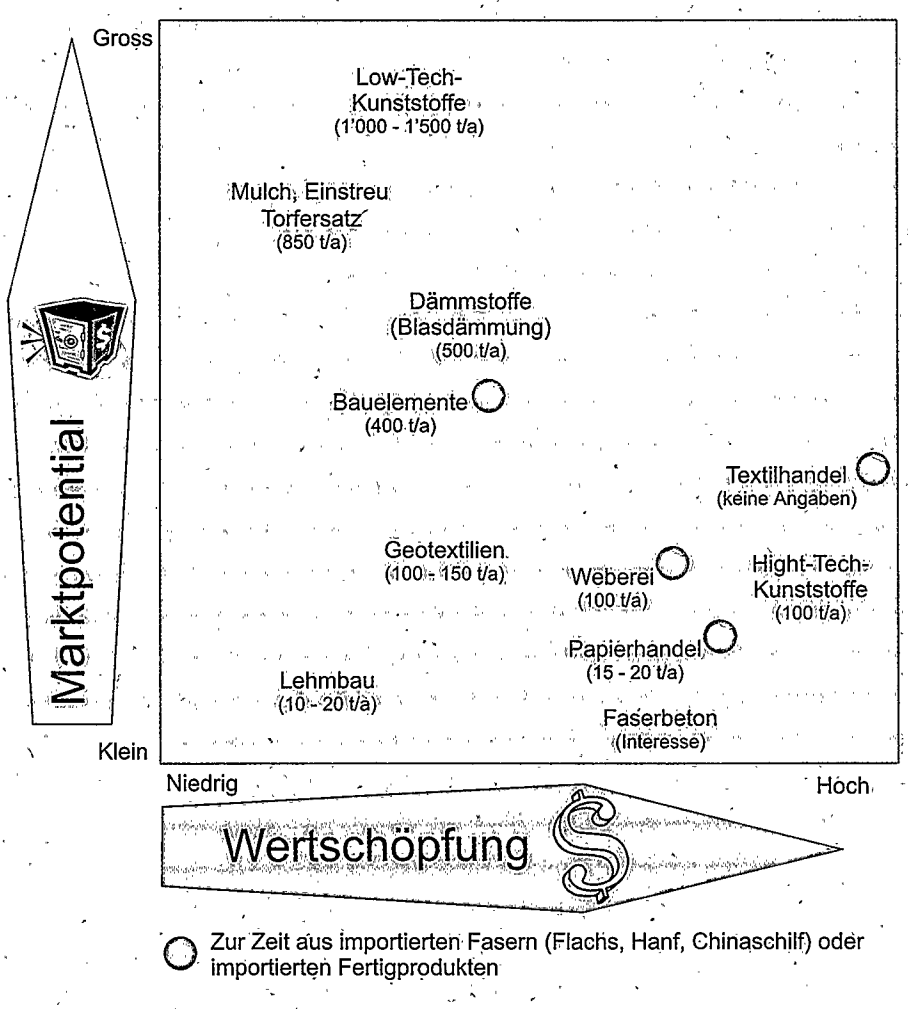


Abbildung 12. Qualitativer Vergleich der Produktlinien bezüglich ihrer Wertschöpfung und Marktpotential

Beim *Faserbeton* fehlen zur Zeit vor allem die Informationsgrundlagen zur technischen Eignung von Naturfasern und Erfahrungen bei der Anwendung. Falls durch entsprechende Versuche die gute Eignung bestätigt werden kann, ist in dieser Branche ein Interesse für den Einsatz von Fasern vorhanden, so dass ein Teil der Polypropylen- und Glasfasern substituiert werden könnte.

Für (Wieder-) Begrünungen an Hängen und für den Erosionsschutz können anstelle von Jute- und Kokosfasern auch *Geotextilien* aus Hanf- und Flachsfasern eingesetzt werden. Eine Nachfrage ist zur Zeit nicht vorhanden, aber ein Interesse wurde beim Handel beobachtet. Als limitierender Faktor gilt vor allem die preisliche Konkurrenzfähigkeit, weswegen eher die teureren Kokosfasern als die günstigeren Jutefasern substituiert werden können.

Im Bereich der *faserverstärkten Kunststoffe* mit fein aufgeschlossenen Fasern („High-Tech-Kunststoffe") sind Produkte hoher Wertschöpfung möglich (Abbildung 12). Sowohl bei den Produzenten als auch bei der Kundschaft ist Interesse für diese Produkte vorhanden. Allerdings fehlt es auch hier noch an Erfahrungen in der Verarbeitung, den resultierenden Produkteigenschaften und Anwendung. Als schwierig könnte sich auch die Bereitstellung der Fasern in Form von möglichst homogenen Vliesen oder Geweben oder als Einzelfasern mit möglichst einheitlicher Fasergrösse erweisen. Obwohl die Rohstoffkosten bei den Naturfasern günstig ausfallen könnten, wurde aufgrund des möglichen Aufarbeitungsaufwandes von einer mittleren bis geringen ökonomischen Konkurrenzfähigkeit ausgegangen, die aber zu Teilsubstitutionen von Glasfasern führen kann.

In diesen drei Produktlinien – Faserbeton, Geotextilien und High-Tech-Kunststoffe – können nach Einschätzung der Experten und Angaben aus der Literatur sinnvolle Teilsubstitutionen konventioneller durch nachwachsende Rohstoffe realisiert werden. Die Markteinführung und -etablierung dieser Produktlinien haben bezüglich der hier untersuchten Parameter gute Chancen. Die Entwicklung und Markteinführung kann dabei stark unterstützt werden durch die Veränderung bestimmter Rahmenbedingungen. Vorschläge solcher Anpassungen an die derzeitige Marktsituation bezüglich nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz werden im folgendem Abschnitt aufgeführt.

5 AUSBLICK

5.1 FASERAUFSCHLUSS- UND AUFBEREITUNGSANLAGE

Für die Realisierung einer Reihe von Produktlinien sind Fasern mit hohem Aufschlussgrad erforderlich. Es handelt sich dabei um folgende Bereiche: Papierbranche, Textilbranche, Dämmmatten, Faserbeton, Geotextilien (mechanischer Aufschluss genügt) und faserverstärkte Kunststoffe mit hohem Matrixanteil. Für diese Branchen wurde gesamthaft ein Marktpotential von mehreren Hundert Tonnen Fasermaterial ermittelt.

Diese Fasern können aber wegen der fehlenden Faseraufschluss- und Aufbereitungsanlage in der Schweiz nicht produziert werden. Würde ein Anbau auf schweizerischen Feldern für diese Produktlinien stattfinden, müssten die Fasern zuerst in umliegende Länder mit entsprechender Infrastruktur (beispielsweise nach Deutschland, Frankreich, Holland) exportiert und dann die Zwischenprodukte höherer Wertschöpfung wieder eingeführt und fertig verarbeitet werden. In der Papier- und Garnproduktion fehlt zusätzlich auch die Infrastruktur zur weiteren Verarbeitung.

Im Bereich von Geotextilien, Dämmmatten, Faserbeton und faserverstärktem Kunststoff (mit einem in gleicher Reihenfolge zunehmendem Aufschlussgrad der Fasern) könnte eine einheimische Faseraufbereitungsanlage zu einer inländischen Produktion von naturfaserhaltigen Produkten führen. Vorteilhaft wäre auch, wenn die Aufbereitungsanlage Möglichkeiten zur Fasermatten oder Vliesbildung hätte, da bestimmte Branchen die Bereitstellung von fertigen Vliesen für einen Einsatz von Naturfasern fordern. Die Notwendigkeit einer einheimischen Faseraufbereitungsanlage für einen erfolgreichen Einsatz von landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffen in verschiedenen Branchen wurde auch von mehreren Fachleuten während der Interviews betont. Wichtig ist zudem, dass ein guter Faseraufschluss die Voraussetzung für die Herstellung von Produkten hoher Wertschöpfung ist.

Um die Grösse und die ökonomische Realisierbarkeit einer solchen Anlage abzuschätzen, wird vorgeschlagen eine *Szenarioanalyse* durchzuführen, die die hier ermittelten Marktpotentiale als Basisinformationen verwenden könnte. Dabei wäre eine Zusammenarbeit mit Firmen, die an einer solchen Anlage interessiert sind, von Nutzen. Gleichzeitig müsste die Lokalität nach logistischen Gesichtspunkten gewählt werden, um den Anbau und die Verarbeitung der Fasern möglichst gut zu koordinieren. Die Szenarioanalyse müsste Aufschluss über die Dimensionierung der Anlage, über Produktionsdurchsätze auf Basis des Faserbedarfs der verarbeitenden Industrie und des Flächenbedarfs des Anbaus geben. Falls aus dieser Analyse folgt, dass unter realistischen Bedingungen einheimische, aufgeschlossene Fasern billiger sind als importierte Fasern, könnte die Realisierung von entsprechenden Anbau- und Verarbeitungsmassnahmen durch die interessierten Kreise geplant werden.

5.2 INFORMATIONSBASIS

Bei Produktlinien vor allem höherer Wertschöpfung wurde von mehreren Expertinnen und Experten auf Informationslücken in der Datenbasis hingewiesen. Diese betreffen die technischen Eigenschaften von den hier untersuchten Pflanzenfasern oder von den resultierenden

Produkten. Solange die Produkte aus einheimischen nachwachsenden Fasern nicht durch ähnlich fundierte Eigenschaftsdaten wie die konventionellen Produkte beschrieben sind, werden viele potentielle industrielle Produzenten das Risiko eines Einsatzes nicht eingehen.

Grosse Informationslücken bestehen vor allem bei Dämmstoffen, Faserbeton, Geotextilien und faserverstärkten Kunststoffen mit hohem Matrixanteil. Ein Teil dieser Kennwerte kann sicherlich aus den Datensätzen von Pionierfirmen aus dem In- und Ausland abgeleitet werden. Einen weiteren Beitrag könnten öffentliche Institutionen liefern, die im Bereich der Materialnormierung und -prüfung tätig sind, in der Schweiz zum Beispiel die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA). Mit grosser Wahrscheinlichkeit liessen sich in den genannten Gebieten zumindest bezüglich thematischer Inhalte auch gemeinschaftliche Projekte zwischen den Forschungsinstitutionen und Industriepartnern realisieren.

Ein anderes Aktionsfeld im Bereich des Informationstransfers betrifft die Öffentlichkeitsarbeit und das eigentliche Marketing von nachwachsenden landwirtschaftlichen Fasern. Diese Aktivitäten können eher allgemeinere Angaben zum Beispiel über den Anbau, mögliche Produkterealisierungen, Marktbeschreibungen und umweltrelevante Themen umfassen und gleichzeitig die aktuellen Aktivitäten zu diesen Themen dokumentieren. Ein solches über das Internet einsehbares 'Informationssystem nachwachsende Rohstoffe' (INARO) wurde im Rahmen eines ITADA-Projektes realisiert (www.inaro.de).

Ein dritter Punkt, der die Informationsgrundlagen betrifft, bezieht sich auf die Ökobilanzierung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen. Aus den Interviews ging klar hervor, dass hierzu sehr unterschiedliche Meinungen herrschen, und dass die häufig propagierte grössere Umweltfreundlichkeit von Faserprodukten aus landwirtschaftlichen Rohstoffen gegenüber vielen konventionellen Rohstoffen angezweifelt wird. Die Nachfrage nach Ökobilanzen, die vor allem auch den Anbau bzw. die Gewinnung konventioneller Rohstoffe miteinbeziehen, ist entsprechend gross. Realisiert – zumindest in Ansätzen – wurden Ökobilanzen für den Anbau, die Verwertung, die Nutzung und die Entsorgung nachwachsender Rohstoffe an der FAT (FAT und Carbotech 1997), am Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH (nova *et al.* 1996), für Hanf- und Flachsdämmmatten von Murphy (Murphy, persönliche Mitteilung 1998) oder von der Isofloc AG (bezüglich Cellulosedämmstoff, Firmenmitteilung).

5.3 PRODUKTENTWICKLUNG, QUALITÄTSSICHERUNG UND ZERTIFIZIERUNG

Ein weiterer Aspekt, der die Markteinführung von landwirtschaftlichen Rohstoffen in sinnvollen Produktlinien fördern kann, betrifft die Förderung der Entwicklung von Produkten, ihre Qualitätssicherung und Zertifizierung. Die Produktförderung kann zum Beispiel in Form von technischer und verfahrenstechnischer Unterstützung durch entsprechende Forschungsanstalten (in der Schweiz die EMPA und die Eidgenössische Technische Hochschule ETH) bei der Produktentwicklung von Firmen erfolgen. Für ein erfolgreiches Marketing der Produkte und deren Markteinführung und langfristige Marktetablierung spielt sicherlich die Qualitätssicherung mit entsprechenden Zertifizierungen oder Gütesiegeln eine wichtige Rolle. Dies zeigte sich auch in den Antworten der Fachleute, die fast ausnahmslos die Produktqualität und die Preise als wichtigste Marketinginstrumente einschätzten.

5.4 KOORDINATIONSZENTRUM

Die vorliegende Marktanalyse zeigt auch den Bedarf an einer Koordination von Anbau, Verarbeitung und Handel mit landwirtschaftlichen Fasern. Dieser Ansicht waren auch mehrere Firmen, die Fasern aus lokalem Anbau für die Produktion beziehen. Wie schon erwähnt wurde, können erhebliche finanzielle Mittel aufgrund mangelnder Koordination verloren gehen. Zudem zeigte sich, dass viele Interessentinnen und Interessenten sowohl in der landwirtschaftlichen Praxis als auch in der Industrie nicht wussten, an wen sie sich für die Abnahme bzw. den Kauf von Fasern wenden sollten.

Eine mögliche Lösung könnte die Bildung eines Koordinationszentrums sein, das aus den verschiedenen im Bereich der landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffe tätigen Interessensgruppen gebildet wird. Dieses Zentrum müsste somit aus Vertreterinnen und Vertretern der Landwirtschaft, der landwirtschaftlichen Forschungsanstalten, der industriellen Produktion und Forschungsanstalten im Bereich der Produktentwicklung und -prüfung als auch des Handels bestehen. Ein solches Organ könnte als zentrale Anlaufstelle für Auskünfte dienen und zugleich die Koordination innerhalb und zwischen den verschiedenen Bereichen stark vereinfachen.

Ein Koordinationszentrum in der Schweiz könnte zum Beispiel folgendermassen aufgebaut sein:

- Verteterinnen und Vertreter der landwirtschaftlichen Praxis: Interessenvertretung, Koordination des Anbaus (z.B. IG-Biorohstoffe)
- Landwirtschaftliche Forschung: Anbau, Ernte, Aufbereitung, Markt, Ökobilanzen, Öffentlichkeitsarbeit (z.B. FAL, FAT)
- Technische Forschungsinstitutionen: Produktentwicklung, Qualitätssicherung, Zertifikate (z.B. EMPA, ETH)
- Industrie: Produktentwicklung, Markteinführung

Dieser hypothetische Aufbau bezieht sich mehr auf die derzeitigen Aktivitäten der verschiedenen Institutionen und nicht auf eine derzeitige Realisierbarkeit aus organisatorischer oder politischer Sichtweise. Ebensogut denkbar wären einzelne Zentren in den Teilgebieten, die Schnittstellen zu den anderen Bereichen aufweisen. In eigener Einschätzung könnte ein solches interdisziplinäres Zentrum helfen Kosten einzusparen und die Koordination und den Wissenstransfer zu erleichtern.

Andererseits müsste abgeklärt werden, wieviel Aufwand überhaupt im gesamten Bereich der landwirtschaftlichen nachwachsenden Rohstoffe sinnvoll ist, angesichts der in dieser Studie ermittelten eher bescheidenen längerfristigen Marktpotentiale. Im Sinne einer Risikominimierung für die Industrie könnten in den Branchen oder Produktlinien, die gemäss der Studie über realistische Marktpotentiale verfügen – Dämmstoffe, faserverstärkte Kunststoffe, Bauplatten, Gartenbranche – detaillierte mikroökonomische Analysen beispielsweise zum Mindestmengenbedarf und den Investitions- und Produktionskosten liefern, auf deren Basis dann konkrete Projekte zwischen der Landwirtschaft, den Forschungsanstalten und der Industrie gegründet werden könnten.

LITERATUR

Ahmed A., Scott G. M., Akhtar M., Myers G. C., 1998. Biokraft pulping of kenaf and its bleachability. North American Nonwood Fiber Symposium, Tappi Proceedings. Technology Park/PO Box 105113/Atlanta/GA 30348, Tappi Press:231-238.

Ahsen von A., Czenskowsky T., 1996. Marketing und Marktforschung. LIT.

Ammon H.U., Bohren C., Mediavilla V., Serafin F., Buri A., 1996. Nachwachsende Rohstoffe umweltschonend anbauen. UFA-Revue 4; Hrsg.: Landwirtschaftliche Beratungszentrale (LBL), Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL).

Autorenkollektiv, 1997. Miscanthus Handbook. Hrsg.: Hyperion Energy Systems Ltd., Ireland.

Baldo R., 1993. Il Kenaf nell'industria cartaria. L'Informatore Agrario 21:72-74.

Barthold P., Kessler R., Kohler R., Wedler M., 1994. Einsatz von Flachsfaser-Vliesstoffen für technische Produkte. Technische Textilien 37:24-26.

Bassetti P., Mediavilla V., Spiess E., Amman H., Strasser H., Mosimann E., 1998. Hanfanbau in der Schweiz. FAT-Berichte Nr. 516.

Batzer H., 1984. Polymere Werkstoffe. Band III. Georg Thieme Stuttgart.

Bourban C., 1997. Processing and properties of DegraComp, a new degradable anisotropic composite. Diss. ETH-Zürich 12288.

Bundesamt für Landwirtschaft, 15. April 1998. Verordnung des Bundesamtes für Landwirtschaft über den Sortenkatalog von Hanf, SR 916.151.6.

Bruhn M. 1997. Marketing. Gabler, 3. Auflage.

Cziesielski E., Schrepfer T., 1998. Ausgangsstoffe faserbewehrter, zementgebundener Massen; TU Berlin, Institut für Baukonstruktionen und Festigkeit.

Daimler Benz, 1997. High Tech Report.

De Groot B., 1995. Hemp pulp and paper production: paper from hemp woody core. Journal of the International Hemp Association 2(1):31-34.

De Meijer E.P.M., van der Werf H.M.G., 1994. Evaluation of current methods to estimate pulp yield of hemp. Industrial Crops and Products 2:111-120.

Dixit A.S., 1998. Flax, kenaf, wood pulp-fiber and paper. North American Nonwood Fiber Symposium, Tappi Proceedings. Technology Park/PO Box 105113/Atlanta/GA 30348, Tappi Press:95-119.

El Bassam N., Jakob K., 1996. Anbauverfahren. In: Entscheidungsgrundlagen für die Umsetzung eines Musterprojekts im Bereich 'Nachwachsende Rohstoffe' am Beispiel der Nachfolgenutzung für die Zuckerfabrik Fallersleben, Projektleitung reson e.V. Braunschweig.

El-Hariri D.M., Moawad H.M., 1997. Factors affecting the technological properties of flax particleboards. Proceedings: Flax and other bast plants symposium, Institute of Natural Fibres, Poznan, Poland:92-100.

EUWID, 1998. Europäischer Wirtschaftsdienst GmbH. Papier und Zellstoff-Dienst 30.

Faix O., Bremer J., 1988. Zellartenverteilung und Faserlängen von *Arundo donax* L. und *Miscanthus sinensis* (Thumb.) Anderss als schnellwüchsige Gramineae. Holz 46(10):402.

FAT und Carbotech, 1997. Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993 - 1996. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.

FESYP (Europ. Föderation der Verbände der Spanplattenindustrie), 1998. Annual report 1997/1998, Brüssel.

Figueiredo F., Baptista M., 1995. Kenaf's pulps for wrapping and packaging paper manufacturing. European Seminar on Kenaf, Bologna 21-22.2.1995.

Friedrich T., 1998. Alkaliresistente Glasfasern als Betonzusatz zur Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Betonbauteilen. Faserbetone: Materialtechnologische Grundlagen und praktische Anwendungsmöglichkeiten, Veranstaltung 4742/43, Schulungszentrum TFB Wildegg.

Fuller M.J., Doler J.C., 1994. An economic analysis of Kenaf separation. A Summary of Kenaf Producion and Product Development Research 1989-1993 Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station. May; Bulletin 1011:21-22.

Gahlmann H., 1993. Aufbruch im Dämmstoffmarkt Schweiz. planen+bauen 1(2):4-38.

Garcia-Jaldon C., Dupeyre D., Vignon M. R., 1998. Fibres from semi-retted hemp bundles by steam explosion treatment. Biomass & Bioenergy 14 (3):251-260.

Hague J., 1995. Composites from non-wood materials. Annual conference paper, Institution of Agricultural Engineers.

Hardmeier S., 1997. AR-Glasfasern als Mikrobewehrung zur Rissbreitenbeschränkung und Festigkeitssteigerung von Estrich und Beton; in: Verbesserung der Betoneigenschaften durch AR-Glasfasern. Proceedings of the Asia-Pacific Speciality Conference on Fibre Reinforced Concrete, T.S. Lok.

Haudek H.W., Viti E., 1980. Textilfasern- Herkunft, Herstellung, Aufbau, Eigenschaften, Verwertung. Bondi, Wien-Perchtodsdorf, Melliand Texilberichte.

Hauenstein A., 1996. Dämmstoffe nach ökologischen Kriterien beurteilt. Baubiologie 4:2-12.

Heier L., Heintges M., Kromer K.H., 1998. Industriefaserlein - Produktion und Qualität. Tagungsband: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, 5. Internationale Tagung, Technische Universität -Chemnitz:75-82.

Herrmann A. S., Riedel U., Nickel J., 1997. The use of renewable materials in structural design; Proceedings. Flax and other bast plants symposium, Institute of Natural Fibres, Poznan, Poland:67-74.

Himken M., Lammel J., Neukirch D., Czypionka-Krause U., Olfs H.W., 1997. Cultivation of Miscanthus under West European Conditions: Seasonal Changes in Dry Matter Production, Nutrient Uptake and Remobilization. Plant and Soil 189:117-126.

Jorgensen U., 1997. Genotypic Variation in Dry Matter Accumulation and Content of N, K and Cl in Miscanthus in Denmark. Biomass and Bioenergy 12 (1):155-169.

Keller A., Wintermantel E., Ruffieux K., 1997. Biologisch abbaubare Verbundwerkstoffe. FAT-Berichte Nr. 503.

Klabunde S., Thole V., 1995. Flachs - Rohstoff für die Autoindustrie. Land und Forst 37.

Köhler E., Bergner A., Odenwald S., 1998. Naturfaser-Polypropylen-Hybridvliesstoffe - Universelle Halbzeuge zur Herstellung von 3D-Leichtbaustrukturen. Tagungsband, 5. Internationale Tagung: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Technische Universität Chemnitz:135-144.

Kohler R., Wedler M., 1994. Non-textile applications of flax fibres. TECHTEXTIL-Symposium, 331, IAF Reutlingen.

Kohler R., Wedler M., 1995. Technische Verwertung von Pflanzenfasern. Landinfo 3.

Kotler P., 1978. Marketing für Nonprofit-Organisationen, Poeschel Verlag, Stuttgart.

Kozlowski R., Mieleniak B., Przepiera A., 1997. Particleboards and insulating board on base hemp shives and hemp straw. Proceedings: Flax and other bast plants symposium, Institute of Natural Fibres, Poznan, Poland:92-100.

Kühn R., Frankhauser K., 1996. Marktforschung, Paul Haupt Verlag.

Kunststoff-Verband Schweiz, 1997. Kunststoff-Statistik.

Langer E., 1998. Flax a new product for the manufacturing in the fleece-industry. Biomass for Energy and Industry, Proceeding of the International Conference, Würzburg, Germany, 8-11 June 1998;382-385.

Leupin M., 1996. Bakterielle Degummierung von Ramie, Diss. ETH 11893, Eidg. Techn. Hochschule Zürich.

Leuthe H., 1985. Vorlesungsskript Bauphysik. Ingenieur Schule CH-Biel.

Mambelli S., 1994. Caratteristiche botaniche e composizione chimica delle fibre di *Hibiscus cannabinus* L. - Il kenaf: materia prima per l'industria, Vannini L. und Venturi G. (Hrsg.), L'informatore Agrario:29-33.

Mambelli S., Grandi S., 1995. Yield and quality of kenaf stem as affected by harvest date and irrigation. Industrial crops and products 4:97-104.

Manzanares M., Tenorio J.L., Ayerbe L., 1997. Sowing time, cultivar, plant population and application of N fertilizer on kenaf in spain's central plateau, Biomass and Bioenergy 12 (4):263-271.

Martinez J. M., Ripol R., Gras J., Rio J., 1998. Nonwoody raw fibers quality: Influence on the pulp properties. North American Nonwood Fiber Symposium, 1998 Tappi Proceedings. Technology Park/PO Box 105113/Atlanta/GA 30348: Tappi Press:121-155.

Mediavilla V., Lehmann J., Meister E., Stünzi H., 1997a. Biomasseproduktion mit Chinaschilf und einheimischen Gräsern. Agrarforschung 4 (7):295-298.

Mediavilla V., Bassetti P., Winter W., Meister E., 1997b. Kenaf - eine geeignete Faserpflanze für die Schweiz? Agrarforschung 4 (1):31-34.

Meijer W.J.M., Van der Werf H.M.G., Van Roekel G.J., De Meyer E.P.M., Huismann W., 1995. Fibre hemp: Potentials and constraints. Canada Agriculture 8.

Mieck K.P., Reussmann T., 1998. Zur Schlagzähigkeitsmodifizierung naturfaser-mattenverstärkter Thermoplaste. Tagungsband, 5. Internationale Tagung: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Technische Universität Chemnitz:127-134.

Murer B., 1998. NAPAC-Pflanztöpfe und NAPAC-Pflanzschalen, Werkstoffe der Zukunft: Bioabbaubar und nachwachsend. Tagung der Composto Bio-Consulting, Olten, Schweiz.

Murphy D.P.L., Behring H., Wieland H., 1997. The use of flax and hemp materials for insulating buildings. Proceedings: Flax and other bast plants symposium, Institute of Natural Fibres, Poznan, Poland:79-84.

Müssig J., Harig H, 1997. Herstellung von Hanfnadelfilzen. NWR-Tag 1997, Hanf & Co., Rohstoffe Für Eine Nachhaltige Entwicklung, 28.8.1997, Hans Düsse:1-10.

Neill S.W., Kurtz M.E., 1994. Agronomic research for kenaf crop in Mississippi. A Summary of Kenaf Producion and Product Development Research 1989-1993, Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station. 1994 May, Bulletin 1011:1-2.

nova, IAF, ifeu, 1996. Das Hanfproduktlinienprojekt – Erarbeitung von Produktlinien auf Basis von einheimischem Hanf – aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht. nova (Hrsg.), Hürth/Köln.

Nowotny R. , 1996. Studie über die Möglichkeit und Machbarkeit einer Hanf-Faser-Fabrik in der Uckermark. yontown-Verlag.

Oberzolldirektion, 1997. Schweizerische Aussenhandelsbilanz. Jahresstatistik 1997, 1. Band.

Oggiano N., Angelini L.G., Cappelletto P., 1997. Pulping and Paper Properties of Some Fibre Crops. Industrial Crops and Products 7:59-67.

Pill W.G., Tilmon H.D., Taylor R.W, 1995. Nitrogen-enriched ground kenaf stem core as a component of soilless growth media. Journal of Horticultural Science 70 (4):673-681.

Reding U., 1998. Kompost und Torfersatzprodukte. Leibstadter Komposttage Kompostkultursubstrate: Forschung, Entwicklung, Produktion, Anwendung.

Rehm S., Espig G., 1984. Die Kulturpflanzen der Tropen und der Subtropen: Anbau, wirtschaftliche Bedeutung, Verwertung. Ulmer.

Riedel, U., 1998. Naturfaserverstärkte Biopolymere als Konstruktionswerkstoffe -Portrait einer neuen Werkstoffklasse. Tagungsband, 5. Internationale Tagung: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Technische Universität Chemnitz:83-90.

Schäfer D., 1998. Prozesskette zur Herstellung kurznaturfaserverstärkter Innenraumbauteile im Automobilbereich. Tagungsband, 5. Internationale Tagung: Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Technische Universität Chemnitz:203-204.

Scheer-Triebel M., Krukelmann E., Heyland K. U., 1997. Yield potential of dual purpose flax for technical use depending on genotype and seed density. Journal of Applied Botany Angewandte Botanik 71(1-2):24-30.

Sell J., Thalmann P., 1998. Anbau und Verarbeitung von Hanf als nachwachsendem Rohstoff - sein Potential für die Schweizer Industrie, Forschungs- und Arbeitsbericht. Hrsg.: EMPA 115/37.

Senft D., 1988. Kenaf Paper: a forest saving alternative. Agric. Res. 36(9):6-8.

Serafin F., Ammon H.U., 1996. Notwendigkeit und Möglichkeiten der Unkrautbekämpfung in Kenaf, Chinaschilf und Hanf. Z. PflSchutz, Sonderh. XV:255-264.

Smeder B., Liljedahl S., 1996. Marked oriented identification of important properties in developing flax fibres for technical uses. Industrial Crops and Produkts 5:149-162.

Swiderski J., 1960. Zur Technologie der Flachsspanplatten-Erzeugung. Holz als Roh- und Werkstoff 18 (7):242-249.

Terbatec AG, 1995. Die Hi-Tech Fasertechnologie aus lokal nachwachsenden Rohstoffen. Tagung „Nachwachsende Rohstoffe„, Bundesamt für Landwirtschaft, 20-22. November 1995.

Textilverband Schweiz (Hrsg.), 1997. Textil- und Bekleidungsindustrie, Jahresbericht.

Tjeerdsma B.F., Zomers F.H.A., Wilkinson E.C., Sierraalvarez R., 1994. Modelling organosolv pulping of hemp. Holzforschung 48(5):415-422.

Tröger F., Wegener G., Seemann C., 1998. Miscanthus and flax as raw material for reinforced particleboards. Industrial Crops and Products 8:113-121.

Tubach M., Kessler R.W., 1995. Neue Aufschlussverfahren - Ein Schlüssel für innovative Anwendungen aus Flachs. 1. Hunsrücker Leintage, 2.-3.8.95, Emmelshausen.

Van Roekel G., 1994. Hemp pulp and paper production. Journal of the International Hemp Association 1(1):12-14.

Weigelt H., 1992. Neue Erntetechnik für die Wirrflachsernte. Landtechnik 47:562-563.

Weissmann G., Lange W., 1991. Untersuchungen der Extraktstoffe von *Miscanthus sinensis* Anderss. Holzforschung 45:285-289.

Werner D., Köhler E., 1994. Pflanzenfasern im Verbund - das Beispiel Chinaschilf. Spektrum der Wissenschaft, Juni 1994:102-107.

Wollerdorfer M., Bader H., 1998. Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. Industrial Crops and Products 8:105-112.

Wurl G., Vetter A., 1994. Anbau, Ertrag und Qualität von Fasernessel unter Thüringer Bedingungen. VDLUFA-Schriftenreihe 38:891-894.

ZPK, 1997. Jahresbericht 1997. Verband der Schweizerischen Zellstoff-, Papier- und Kartonindustrie.

ANHANG

INTERVIEWLEITFADEN AM BEISPIEL DER PAPIERBRANCHE

Es wurde in den Interwies in sehr unterschiedlicher Ausführlichkeit Auskunft gegeben. In einigen Gesprächen konnten alle Punkte des Leitfadens besprochen werden, in anderen fielen einige Kategorien weg. Wenn eine Experte oder ein Experte technische Faktoren zum Beispiel als irrelevant einschätzte, wurden auf diesem Gebiet keine weiteren Fragen gestellt. Für Handelsbetriebe wurde ein leicht modifizierter Leitfaden benützt: Das Thema 'Produktionskosten' wurde hier selten angesprochen, die 'Produktequalität oder 'Marketingstrategien' dafür häufiger. Insgesamt wurde darauf geachtet, dass alle Kategorien angesprochen wurden und dann die Detailliertheit der Fragen den Interviews angepasst wurde.

A. Papierproduktion

1. Marktstruktur

1.1 Anzahl der Papierfabriken.

1.2 Klassenbildung bezüglich Produktionsmengen (=Grösse).

1.3 Wieviele Betriebe pro Klasse?

1.4 Welchen Anteil der Klasse an Gesamtproduktion?

1.5 Wieviel Betriebe für Zellstoff mit Altpapier-, Holz-, Faserpflanzenverwertung?

1.6 Wieviele Betriebe für Graphische Papiere, Verpackungspapiere, Haushalt/Sanitär, Spezialpapiere?

1.7 Wieviel Betriebe pro Endsortiment?

2. Wettbewerbsintensität

2.1 ökonomische Aspekte:
- 2.1.1 Zellstoffpreise vergleichen (siehe Zellstoff)
- 2.1.2 Verkaufspreise vergleichen in den Sortimenten, wo NawaRo (potentiell) vorkommen.
- 2.1.3 durchschnittliche Preise für:
  - 2.1.3.1 graphische Papiere (aus Holz, Restholz, Altpapier, Hanf, Chinaschilf Kenaf)
  - 2.1.3.2 Verpackungspapiere (aus Holz, Restholz, Altpapier, Hanf, Chinaschilf Kenaf)
  - 2.1.3.3 Hygiene- & Haushaltspapiere (aus Holz, Restholz, Altpapier, Hanf, Chinaschilf, Kenaf)
- 2.1.4 Spezialpapiere: Deckblätter, Zigarettenpapier, Filterpapiere, Isolierpapiere(aus Holz, Restholz, Altpapier, Hanf, Chinaschilf Kenaf)
- 2.1.5 Mindestproduktionsmengen bzw. Maximal zulässige Preise
- 2.1.6 Investitionskosten für Infrastruktur für Papierherstellung aus Zellstoff von Holz, Restholz, Altpapier,Hanf, Chinaschilf, Kenaf
  - 2.1.6.1 graphische Papiere
  - 2.1.6.2 Verpackungspapiere
  - 2.1.6.3 Hygiene- & Haushaltspapiere
  - 2.1.6.4 Spezialpapiere: Deckblätter, Zigarettenpapier, Filterpapiere, Isolierpapiere

2.1.7 Produktionskosten für Holz, Restholz, Altpapier,Hanf, Chinaschilf, Kenaf
2.1.7.1 graphische Papiere
2.1.7.2 Verpackungspapiere
2.1.7.3 Hygiene- & Haushaltspapiere
2.1.7.4 Spezialpapiere: Deckblätter, Zigarettenpapier, Filterpapiere, Isolierpapiere

2.2 weitere marktspezifische Aspekte:
2.2.1 Eintrittsbarrieren: Zellstoffversorgung, Verarbeitung, Handel
2.2.2. Marketingimage

2.3 technologische Aspekte:
2.3.1 Entwicklungszustand der Technologie für Konkurrenzrohstoffe
2.3.1.1 Papierherstellung
2.3.1.2 Nachbehandlungen
2.3.2 Aufwand für Modifizierungen, um Technologie für NawaRo übernehmen zu können.
2.3.3 Produktionsdurchsätze, Kapazitäten

2.4 ökologische Aspekte:
2.4.1 Vergleich der Produkteherstellung
2.4.2 Vergleich der Produktenachbehandlung
2.4.3 Vergleich der Verwendung und Entsorgung,bzw. Recyklierung

3. Substitutionsmöglichkeiten

3.1 aussichtsreichste Sortimente für Substitution durch betreffenden NawaRo

3.2 Gründe für Substitutionschancen bzw. Behinderung:
3.2.1 ökonomische:
3.2.1.1 Zellstoff, Einkaufs-, Verkaufspreise (max, min)
3.2.1.2 Investitionskosten, Produktionskosten
3.2.1.3 Subventionen
3.2.2 ökologische:
3.2.2.1 Papierproduktion
3.2.2.2 Nachbehandlungen
3.2.2.3 Einsatz
3.2.2.4 Rezyklierung/Abfallbearbeitung
3.2.3 technische:
3.2.3.1 Infrastruktur
3.2.3.2 techn. Verarbeitbarkeit
3.2.3.3 Kapazitäten
3.2.3.4 Zellstoffversorgung
3.2.4 marktspezifische:
3.2.4.1 Image
3.2.4.2 Marktstruktur
3.2.4.3 Nachfrage, Angebot
3.2.4.4 Nachfrage (Menge, Preise, Sortimente) bei den Absatzmittlern
3.2.5 Produktqualität/-Eignung: Sortimente definieren in denen NawaRo
3.2.5.1 mindere Qualität
3.2.5.2 bessere Qualität aufweisen
3.2.6 politische: Förderung, F&E, Subvention, Information, Kontingente,...

B. Absatz

1. Marktstruktur

1.1 Typen von Absatzmittlern (Druckereien, Verlage, Zeitungen, Verpackungsindustrie, Grossisten, Spitäler...)

1.2 Wieviele Absatzmittler pro Sortiment?

1.3 wieviele Absatzmittler handeln Mit Papier aus:
- 1.3.1 Holz
- 1.3.2 Recyklingpapier
- 1.3.3 Hanf, Chinaschilf, Kenaf als Rohstoff?

1.4 Marktanteile

1.5 Nachfrageabsschätzung von Seiten der Konsumenten

1.6 Absatzmittlerstategien für die verschiedenen Sortimente (auch in-, direkte Vermarktung)

1.7 Produktelebenszyklusanalysen

1.8 Produktepolitik

2. Wettbewerbsintensität

2.1 ökonomisch: Papierpreise für die verschiedenen Sortimente

2.2 marktspezifisch
- 2.2.1 Eintrittsbarrieren
- 2.2.2 Marketingimage (inkl. Ökologie)
- 2.2.3 Verbände etc.

2.3 ökologisch
- 2.3.1 wieviel mehr wird für ökologische Produkte bezahlt?
- 2.3.2 wie wiechtig ist der Faktor Ökologie für den Verkauf der Papiere?

3. Substitutionsmöglichkeiten

3.1 aussichtsreichste Sortimente für Substitution durch betreffenden NawaRo

3.2 Gründe für Substitutionschancen bzw. Behinderung:
- 3.2.1 ökonomische: Papierpreise (Einkauf/Verkauf)
- 3.2.2 ökologische: siehe Wettbewerbsintensität
- 3.2.3 Produktequalität/-Eignung
- 3.2.4 Politische (PR, Subventionen, F&E...)