FACHHOCHSCHULE HAMBURG
FACHBEREICH BIO-INGENIEURWESEN,
PRODUKTIONSTECHNIK UND
VERFAHRENSTECHNIK

Vergleichende Untersuchung von Freizeitkleidung aus Baumwolle bzw. Hanf mittels der Produktlinienanalyse

DIPLOMARBEIT
im Studiengang Bio-Ingenieurwesen

vorgelegt von
Kai Altenfelder
Hamburg-Bergedorf
im April 1996

1. Gutachter: Prof. Dr. Canavas (FH Hamburg)
2. Gutachter: Dipl. Ing. (FH) Bartmann (Globetrotter Ausrüstungen GmbH)

Danksagung

Mein Dank gilt neben meinen beiden Betreuern den Mitarbeitern der Firma Globetrotter, sei es aus dem Vertrieb oder den Filialen, die mir in vielen Einzelgesprächen Anregungen gaben und mich mit Rat und Tat bei der Durchführung der Arbeit unterstützten. Besonderen Dank richte ich dabei an Christine und Olaf.

Weiter möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Firma cotton'n'more aus Braunschweig herzlich bedanken, die mir so bereitwillig alle vorhandenen Daten überließen oder kurzfristig beschafften.

Besonders möchte ich mich bei den Ingenieuren und Mitarbeitern des IAF bzw. der Fachhochschule Reutlingen bedanken, die mir wichtige Einblicke in die Textilindustrie gaben.

Last not least gilt mein aufrichtiger Dank den drei Frauen, die die Entwürfe meiner Arbeit korrekturgelesen haben: meiner Mutter, Ele und Karin.

Die drei Originale der Arbeit sind auf Hanf–Watermark–Papier (25 % Hanf, 75 % deinktes Recyclingpapier, 90 g/m^2) gedruckt. Der Einband ist ebenfalls aus Hanf–Watermark–Papier (220g/m^2). Dank an die Firma CPX aus Hamburg für die schnelle Lieferung! Der Text wurde mit LaTeX auf einem LINUX–Rechner gesetzt und mit dvips in Postscript übersetzt. Die eingescanten Abbildungen und Fotos wurden via BitMapTOfont eingebunden. An dieser Stelle ebenfalls herzlichen Dank an die Autoren, die solch hervorragende Software im Internet kostenlos zur Verfügung stellen!

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Problemstellung **1**

2 Methodik einer Produktlinienanalyse **4**

2.1 Vorstellung der Produktlinienanalyse (PLA) 4

2.2 Ziel einer PLA 5

2.3 Möglichkeiten und Grenzen 6

3 Grundlagen im Bedürfnisfeld Kleidung **9**

3.1 Bedürfnisse 11

3.2 Bedürfnis nach Kleidung 13

3.2.1 Aufgabe der Kleidung 13

3.2.2 Kleidung und Mode 15

3.2.3 Probleme mit der Kleidung 16

3.3 Ökologische Kleidung 24

3.3.1 Ökolabel 25

3.4 Werkstoffkunde der Textilfasern 27

3.4.1 Verarbeitungseigenschaften 28

3.4.2 Verspinnbarkeit 29

3.4.3 Färbbarkeit 30

3.4.4 Widerstandsfähigkeit 31

3.4.5 Hygienische Eigenschaften 33

3.4.6 Reinigungsfähigkeit 34

3.4.7 Aufbau von pflanzlichen Textilfasern 35

3.5 Allgemeine Bedeutung der Rohstoffpflanzen 38

3.5.1 Bedeutung der Faserpflanzen 40

3.6 Baumwolle (*Gossypium*) 41

3.6.1 Botanik der Baumwollpflanze 41
3.6.2 Ökologische Standortansprüche der Baumwolle 45
3.6.3 Sozio-ökonomische Zusammenhänge im Baumwollanbau . 45
3.7 Hanf (*Cannabis sativa* L.) 49
3.7.1 Botanik der Hanfpflanze 49
3.7.2 Ökologische Standortansprüche des Hanfes 53
3.7.3 Sozio-ökonomische Zusammenhänge im Hanfanbau 55
3.8 Produktlinienmatrix 59

4 Daten zur Produktlinie 61
4.1 Baumwollbekleidung aus der Türkei 62
4.2 Hanf aus der Volksrepublik China 71
4.3 Handel und Vertrieb 81
4.4 Gebrauch und Pflege 83
4.5 Entsorgung und Recycling 84

5 Konflikt– und Differenzfelder 85
5.1 Ökologische und toxikologische Aspekte 85
5.2 Ökonomische Aspekte 87
5.3 Rechtliche und soziale Aspekte 89

6 Ergebnisse und Handlungsempfehlungen 91

Anhang 94

A Fragebogen zu Hanfkleidung 95
A.1 Auswertung der beantworteten Fragebögen 101

B Herstellerangaben zu Produktionsdaten 108
B.1 Tradewise MFY & Export Co. 108
B.1.1 The hemp questionare 108
B.2 Sigma Ltd. 112

C Berechnungsgrundlagen **113**

C.1 Ökobilanz: Produktion und Gebrauch von Waschmaschinen . . . 113

C.2 Energieverbräuche in den Produktlinien 113

C.3 Transport der Hanftextilien 115

C.4 Transport der Baumwolltextilien 116

C.5 Energieverbrauch im Handel 117

C.6 Energieverbrauch während der Gebrauchsphase der Textilien . . 118

C.7 Energieverbrauch bei der Entsorgung der Textilien 119

C.8 Wasserbedarf beim Hanfanbau 119

Abbildungsverzeichnis **120**

Tabellenverzeichnis **121**

Literaturverzeichnis **121**

Index **125**

Zusammenfassung

Angesichts der zunehmenden Verknappung von Rohstoffen und den Problemen durch anthropogene Emissionen in die Umwelt ist eine Veränderung der bestehenden Produktionverfahren nötig. Das Prinzip des nachhaltigen Wirtschaftens scheint dafür ein geeigneter Lösungsansatz zu sein. Für den Bereich der Freizeit– und Sportkleidung (Outdoor) wird in der Arbeit untersucht, welche Möglichkeiten nachwachsende Rohstoffe, insbesondere Fasern aus Hanf (*Cannabis sativa*), für ein nachhaltiges Wirtschaften bieten. Dazu werden das Bedürfnis nach Kleidung beleuchtet und die bestehenden Umweltprobleme in der Textil– und Bekleidungsindustrie dargestellt. Anschließend wird der Produktlebensweg von einem Hanfbekleidungsstück analysiert und mit dem Stand der Technik in der Produktion von Ökotextilien verglichen. Anhand dieses Vergleiches ergibt sich, daß das untersuchte Textil aus Hanf hinsichtlich der Produktionsökologie noch Mängel aufweist. Diese sind zum Teil im Einsatz von veralteter Technologie begründet und nur durch die Einführung von neuen modernen Verfahren zu beheben. Zur Zeit sind diese Verfahren noch Stand der Wissenschaft und bedürfen erst einer Umsetzung in den industriellen Maßstab. Mit deren Etablierung werden voraussichtlich Garnfeinheiten erzielbar sein, die die Verwendung von Hanffasern auch für Feintextilien denkbar macht. Für den Einsatz im Outdoorbereich sind die heute verfügbaren Qualitäten ausreichend und erlauben eine Produktion für einen Nischenmarkt. Grundsätzlich sollte im Sinne einer Diversifikation ein Qualitätsmanagementsystem in der Produktion eingeführt werden, um gleichbleibende Qualitäten zu garantieren.

Kapitel 1

Einleitung und Problemstellung

Die Erde ist ein geschlossenes System, dem nur von außen Energie zugeführt wird. Stoffströme sind begrenzt oder in einem Kreislauf eingebunden. Bei den meisten menschlichen Aktivitäten werden Ressourcen verbraucht oder in eine Form umgewandelt, in der sie nicht mehr nutzbar sind. Allein die Entropie nimmt ständig zu.

Seit dem Beginn der Industrialisierung in der Mitte des vorigen Jahrhunderts ist der Kohlendioxidgehalt (CO_2) in der Luft stetig gestiegen [1]. Er stammt aus der Verbrennung fossiler Energieträger und ruft zusammen mit anderen Gasen (Methan, Halogenwasserstoffe, Stickoxide etc.) den *Treibhauseffekt* hervor. Diese Energieträger sind endlich und werden bei unveränderter Nutzung nur noch knapp 50 Jahre reichen [2].

Vor diesem Hintergrund beginnen die Menschen, sich Gedanken über die Gestaltung der künftigen technischen Entwicklung zu machen. Auf der einen Seite sind die Ressourcen des Planeten und seine Aufnahmekapazität für Emissionen aus anthropogenen Prozessen begrenzt. Auf der anderen Seite stehen die Bedürfnisse einer ständig wachsenden Menschheit nach Ernährung und Kleidung, nach Wärme, Mobilität und Konsum, die alle befriedigt werden wollen. Den heute erreichten Lebensstandard zu verringern und auf die damit verbundenen Annehmlichkeiten zu verzichten, wird niemand ernsthaft wollen. Der Ausstieg aus der Technikgesellschaft ist daher sicher keine Lösung, zumal er das Ende der bisherigen Gesellschaftsform bedeuten würde. Trotzdem kann die weitere technische Entwicklung in der Zukunft nicht wie bisher ablaufen.

Einen Lösungsansatz bietet das Prinzip des *nachhaltigen Wirtschaftens* (sustainable developement). Es beinhaltet, Energie und Ressourcen für heutige Produktionen und Verfahren nur in dem Maße zu nutzen, daß sie nachfolgende Generationen ebenfalls zur Verfügung stehen. Das nachhaltige Wirtschaften ist quasi als ökonomisches Prinzip zu verstehen, bei dem der Handelnde die Knappheit der Ressourcen nicht nur für sich, sondern auch für seine Nachkom-

men berücksichtigt[1].

Ein Aspekt des nachhaltigen Wirtschaftens ist die Nutzung von nachwachsenden pflanzlichen Rohstoffen. Sie produzieren in dem Mechanismus der Photosynthese Biomasse aus Kohlendioxid und der Sonnenenergie. Ihre Nutzungsmöglichkeiten für den Menschen sind vielfältig: Neben Nahrung, Energieträgern und Baustoffen bieten Pflanzen auch die Möglichkeit, Fasern aus ihnen zu gewinnen, um daraus Bekleidung herzustellen. Bei allen Nutzungen wird nicht mehr CO_2 in die Atmosphäre freigesetzt, als die Pflanze während ihres Wachstums aus der Luft aufgenommen hat.

Für viele Bereiche muß nun geklärt werden, in welchem Maße bisher genutzte Produkte sich aus pflanzlichen Rohstoffen herstellen lassen. Die Anforderungen an die jetzigen Produkte sollen auch von den künftigen erfüllt werden. Weiter ist zu klären, ob die Kapazitäten zur Deckung des Bedarfes sich überhaupt aus Pflanzen gewinnen lassen. Schließlich darf die neue Produktionsweise nicht energetisch aufwendiger oder umweltbelastender als die zu ersetzende sein — damit wäre nichts gewonnen.

Für die Herstellung von Kleidung sind Pflanzenfasern schon seit mehreren tausend Jahren Grundstoff (Baumwolle, Leinen, Hanf, etc.). Ihre Verwendbarkeit für Alltagskleidung steht daher außer Frage.

In dem speziellen Sektor der Freizeit– und Outdoorkleidung sind aber synthetische Fasern vorherrschend. Vielfach lassen sie sich durch pflanzliche Fasern nicht ersetzen, weil diese nicht die geforderten Eigenschaften besitzen (wasserdicht aber wasserdampfdurchlässig, winddicht, scheuerbeständig, leicht, kleines Packmaß, etc.). Einige Kleidungsstücke für Outdoorzwecke sind allerdings denen des Alltagsbereiches sehr ähnlich und unterscheiden sich nur in ihrem robusteren Erscheinungsbild und der stärkeren Materialqualität.

Ein Beispiel dafür ist die sogenannte „Trekkingbekleidung“ (engl.: to trek $\hat{=}$ to make a long hard journey). Sie ist für längere (Rucksack–) Wanderungen in unwegsamen Gelände konzipiert. Wegen der besonderen Umstände der Benutzung muß die Kleidung robust und verschleißfest sein, Schweiß gut aufnehmen und wieder abgeben, generell schnell trocknen, ein niedriges Anschmutzungsverhalten aufweisen und auch unterwegs leicht zu reinigen sein. In der Mehrheit wird für diese Zwecke ein Mischgewebe aus Baumwolle und Polyester benutzt, welches die genannten Anforderungen erfüllt. Wenige Hersteller verwenden ausschließlich Baumwolle.

Das Hamburger Handelsunternehmen Globetrotter Ausrüstungen GmbH hat eine große Auswahl dieser Bekleidungen im Sortiment. Neben den beiden genannten Produktlinien aus Mischgewebe und Baumwolle ist seit 1995 versuchsweise eine Linie aus Hanffasern in das Programm aufgenommen worden.

In der folgenden Untersuchung soll geklärt werden, welche Rolle Hanf als Bekleidungsmaterial für den Outdoorbereich spielen kann, wenn die Produkte im

[1] Die Weltbank hat jüngst einen neuen Ansatz zur Bestimmung des Wohlstandes vorgestellt, der den Gedanken des nachhaltigen Wirtschaftens aufgreift. Artikel in der Online–Zeit: `http://eunet.bda.de/bda/int/zeit/aktuell/artikel/WOHLSTAN.TXT.19960405.html`

Hinblick auf ein nachhaltiges Wirtschaften nach ökologischen Kriterien hergestellt werden sollen. Dazu wird zunächst das Bedürfnisfeld Bekleidung hinsichtlich der Anforderungen an die Kleidung und der Probleme bei der konventionellen Produktion untersucht. Anschließend wird der Werdegang eines Kleidungsstückes aus Hanf von der Rohfaserproduktion bis zur Entsorgung verfolgt und mit einem entsprechenden Stück aus Baumwolle verglichen. Der Rohstoff für das Baumwollkleidungsstück stammt aus kontrolliert biologischem Anbau und wird nach ökologischen Kriterien verarbeitet. Diese Produktlinie stellt eine Referenz dar und markiert den Stand der Technik in der Produktion von Ökotextilien.

Die Arbeit untersucht u. a. die Stoff– und Energieströme, die bei der Fertigung und dem Gebrauch von Bekleidung anfallen. Dazu bietet sich die Produktlinienanalyse an. Sie beleuchtet ein Produkt in allen Phasen dessen Lebens und bewertet die einzelnen Stufen hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Natur, die Wirtschaft und die Gesellschaft.

Kapitel 2

Methodik einer Produktlinienanalyse

2.1 Vorstellung der Produktlinienanalyse (PLA)

Die Produktlinienanalyse ist ein Informationssystem „zur Erfassung und Beurteilung von Bedürfnissen und Produkten und ihrer vielfältigen Folgen für Natur, Gesellschaft sowie Wirtschaft“ [3]. Sie ist das Ergebnis der Arbeit der Projektgruppe Ökologische Wirtschaft am Freiburger Öko-Institut in den Jahren 1985 und 1986. Diese Gruppe wollte die Defizite der bestehenden Informations- und Bewertungssysteme beseitigen und ein Instrument entwerfen, das darüber hinausgeht:

- Die Nationalökonomie kennt nur den Einsatz von Kapital, Arbeit und bedingt auch technischem Wissen als Mittel zur Wertschöpfung. Weder Ressourcenverbrauch noch Umwelteinwirkungen werden berücksichtigt.
- In der Geldökonomie gehen nur monetarisierbare Größen in die Entscheidungsprozesse ein, qualitative Aspekte wie kulturelle Identität oder persönliche Sicherheit bleiben unbeachtet.
- Der Optimierungsansatz der traditionellen Ökonomie beachtet keinerlei soziale Kosten. Diese sollen durch die Produktlinienanalyse zumindest genannt werden, wenngleich eine Bewertung mangels ausreichender Daten schwierig bleibt.
- Durch die Beschränkung der Betrachtung der Produktionssphäre ohne Berücksichtigung ihres Vorlaufes oder der Gebrauchsphase nach dem Kauf, wird der Einfluß dieser Produktlebensabschnitte vernachlässigt. Welche Folgen z. B. die Lagerung und Entsorgung nach dem Gebrauch haben, wird nicht erfaßt, obwohl gerade dies entscheidende Kriterien für eine Entscheidung zugunsten eines Produktes sein können.

- Der Konsument wird in der klassischen Ökonomie als Idealtypus betrachtet, der lediglich durch Kauf von Waren und Verkauf seiner Faktorleistungen seine Bedürfnisbefriedigung anstrebt. Die Produktlinienanalyse dagegen sieht menschliche Arbeit nicht als aussschließlich monetär bewertbaren Produktionsfaktor an, sondern betrachtet auch „subjektive Elemente“ der Arbeit sowie informelle Arbeit.

- Bedürfnisse werden in konventionellen Bewertungssystemen als eine fest vorgegebene Größe betrachtet. Sie werden hypothetisch als unendlich angesehen, ohne zu beachten, daß in der realen Wirtschaft Bedürfnisse vielfach erst durch z. B. Produktwerbung geschaffen werden.

Wie Meyer–Abich in seinem Buch „Wege zum Frieden mit der Natur“ [4] hervorhebt, ist es ein generelles Problem der heutigen Wissenschaften, „daß natur- und sozialwissenschaftliche Ergebnisse in keinen Zusammenhang gebracht werden. Denn Umweltprobleme entstehen dadurch, daß menschliche Bedürfnisse in der Natur geltend gemacht werden“. Das Ziel einer Gesellschaft muß daher im Sinne eines nachhaltigen Wirtschaftens sein, zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse die Natur nur in dem Maße zu nutzen, daß sie auch kommenden Generationen noch zur Verfügung steht.

2.2 Ziel einer PLA

Das Ziel der PLA ist, die von Meyer–Abich geforderte Relation zwischen natur- und sozialwissenschaftlicher Betrachtung von Bedürfnisbefriedigung herzustellen. Dazu hinterfragt sie zu Beginn der Untersuchung das Produkt mitsamt Umfeld und das dazugehörige Bedürfnis. Anschließend wird in einer vertikalen Betrachtung die Produktlinie untersucht: Der Lebensweg von Rohstoffgewinnung und –verarbeitung, Produktion, Handel, Konsum und Entsorgung sowie die dazwischen liegenden Transportphasen. In einer horizontalen Betrachtung werden die einzelnen Lebenszyklen jeweils auf Auswirkungen auf die Dimensionen Natur, Gesellschaft und Wirtschaft untersucht.

Für jede wird Produktlinienanalyse ein individuelles Kriterienraster zu jeder der drei Dimensionen erstellt, mit dessen Hilfe dann die Untersuchung zielgerichtet vorgenommen werden kann. Dieses Raster heißt Produktlinienmatrix. Es ist ein elementares Teilelement der Analyse, welches die Verknüpfung von Vertikal– und Horizontalbetrachtung darstellt.

Als Informationssystem zur Bewertung von Produkten, die zur Bedürfnisbefriedigung dienen können, vergleicht die Produktlinienanalyse verschiedene Varianten von Produkten hinsichtlich Ökologie und Sozialverträglichkeit. Dabei kann die Variation sowohl im **zeitlichen Ablauf** als auch im **Querschnitt** erfolgen. Im ersten Fall werden Varianten zu unterschiedlichen Zeitpunkten verglichen, so daß Veränderungen in der Vergangenheit oder der Zukunft betrachtet werden können. Die Variation im Querschnitt dagegen vergleicht die zu einem festgelegten Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Varianten. Denkbar

ist auch die Wahl einer *Null-Variante*, d. h. das Produkt wird überhaupt nicht produziert oder verkauft.

2.3 Möglichkeiten und Grenzen

Bei der Erstellung einer PLA wird im allgemeinen auf die Art und Beschaffenheit eines Bedürfnisses nicht weiter eingegangen. Das heißt, die Fragen „Was ist ein Bedürfnis?“ oder „Wie entsteht ein Bedürfnis?“ werden ebensowenig beantwortet, wie die Frage nach der Berechtigung für ein bestimmtes Bedürfnis oder nach der Veränderbarkeit des Bedürfnisses in personeller, regionaler oder sonstiger Sicht[1].

Das setzt voraus, daß zu Beginn der Arbeit an der PLA eine Reflektion des Bedürfnisses anhand eines konkreten Beispiels erfolgt. Dies kann dazu führen, daß ein Vergleich verschiedener Alternativen zur Bedürfnisbefriedigung angestellt wird. Unter Umständen stellt sich aber auch heraus, daß die Befriedigung nicht nur durch ein materielles Produkt sondern auch durch eine Dienstleistung oder eine Änderung der Lebensgewohnheiten geschehen kann.

Weiterhin ist zu beachten, daß das mit dem Produkt verbundene Bedürfnis nicht an den eigenen Vorstellungen und Wertmaßstäben des Analysierenden gemessen werden darf. Abweichungen von seinen Maßstäben würden dadurch automatisch als falsch und ethisch–moralisch nicht vertretbar geächtet. Die Beschäftigung mit diesem Bedürfnis muß sich darum auf die reine Darstellung aller Einflüsse beschränken, die das Bedürfnis ausmachen und dessen Verbindung zur Produktion herstellen. Die übergeordnete Fragestellung bei der Erstellung einer Produktlinienanalyse lautet daher: „Auf welche Weise läßt sich ein Bedürfnis derart befriedigen, daß die Grenzen eines umwelt– und sozialverträglichen Wirtschaftens beachtet werden?“ [3].

Für die sich anschließende Untersuchung sind dabei eine Reihe von Voraussetzungen zu berücksichtigen:

- Für die Herstellung eines Produktes ist nicht eine einheitliche Technologie innerhalb der Gesamtwirtschaft anzunehmen, sondern die Möglichkeit verschiedener Produktionsverfahren miteinzubeziehen.
- Es ist weiterhin eine Unterscheidung zwischen der Herstellung und dem Betrieb/Gebrauch eines Produktes zu treffen. Beide können unabhängig voneinander betrachtet zu völlig verschiedenen Beurteilungen führen.
- Auswahl und Festlegung der Untersuchungskriterien sind immer eine persönliche Entscheidung des Analysenerstellers und spiegeln seine Sicht der Dinge wider. Bestimmte Problembereiche können dadurch ausgeblendet oder überbewertet werden. Allerdings bietet die Produktlinienmatrix den Vorteil, die getroffene Auswahl umfassend zu dokumentieren.

[1] In dieser Arbeit wird trotzdem auf die Bedürfnisentstehung eingegangen, da das Bedürfnisfeld Kleidung einige Besonderheiten aufweist.

- Die Abgrenzung und Zuordnung der einzelnen Kriterien zu den drei Dimensionen gestaltet sich schwierig, da die Übergänge wegen der komplizierten Struktur menschlichen Handelns fließend sind. Es ist bei dieser Teilaufgabe immer eine pragmatische Lösung anzustreben.
- Ein Katalog von Kriterien birgt die Gefahr, Wechselbeziehungen in unzulässiger Weise zu vereinfachen. Tatsächlich können Effekte bestehen, die einander ersetzen, unterdrücken oder verstärken. Daher ist eine dynamische Betrachtung der zu vergleichenden Produkte anzustreben, da Wechselbeziehungen sich auch erst nach einem längeren Zeitraum einstellen können.
- Aus der Praxis der Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) ist bekannt, daß die Bewertung von Resultaten schon durch die Auswahl der Kriterien erfolgt. Diese Bewertungen sind meistens aber nicht wissenschaftlich begründbar, sondern spekulativer Natur. Wertungen sind daher möglichst weit offenzulegen, um die Entscheidung später nachvollziehen zu können.
- Hilfsstoffe und Vorprodukte haben in der Produktion lediglich dienenden Charakter und damit keinen eigenständigen Lebenszweck. Sie werden in der PLA daher nur genannt und nicht einer eigenen Untersuchung unterzogen. Dies ist allerdings an den entsprechenden Stellen ausdrücklich hervorzuheben, um die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes klar zu markieren.

Eine abschließende Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse bleibt wegen der Komplexizität der Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Kriterien schwierig. Unter Umständen läßt sich das entsprechende Kriterium über alle Lebenszyklen hinweg betrachten, niemals jedoch alle Kriterien über alle Zyklen und alle Dimensionen. Dazu fehlt eine geeignete Theorie über die Wechselbeziehungen, die eine nachfolgende Auswertung gestatten würde. Kosten–Nutzen–Analysen sind aus demselben Grund nur bedingt einsetzbar, da längst nicht alle Effekte monetarisierbar sind und im Resultat nicht mehr die dahinter stehende Problematik erkennen lassen.

Zur Erstellung einer PLA ist der Untersuchende auf die Verfügbarkeit von produktionsrelevanten Daten angewiesen. Diese Daten sind in der Mehrzahl in Behörden– oder Betriebsbesitz und damit für ihn weitgehend unzugänglich. Die PLA steht und fällt aber mit diesen Daten, da in den meisten Fällen eine eigene Primärerhebung aus zeitlichen Gründen nicht möglich ist oder nur Teile der benötigten Daten beschafft. Selbst eine umfangreiche Literaturrecherche kann diese entstehenden Lücken nicht vollständig schließen. Es kommt daher darauf an, bei der Erstellung der Analyse den „Mut zur Lücke“ zu entwickeln. Der Versuch, sämtliche Daten entlang der Produktionslinie zusammenzutragen und dabei allen sich ergebenen Fragen nachzugehen, birgt die Gefahr, den Blick für die wesentlichen Punkte zu verlieren.

Die abschließende Auswertung erfolgt in beschreibender Form unter Benennung der Schwerpunktsetzung, um das Nachvollziehen der Beurteilung zu ermöglichen. Im Zweifelsfall ist eher auf eine Bearbeitung eines Einzelkriteriums zu

verzichten: „Die Antworten auf die richtige Frage nicht geben zu können, ist jedoch auch hier immer noch besser als Antworten auf die falsche Fragen zu geben!“ [4]. In diesem Sinne nicht gegebene Antworten sind als Denkanstoß für weitergehende Untersuchungen in der Zukunft anzusehen. Die Handlungsempfehlungen sind nicht als komplette Handlungsanweisung im Sinne von Universalrezepturen zu verstehen, sondern als „Mosaiksteine für anderes Wirtschaften“ [3].

Kapitel 3

Grundlagen im Bedürfnisfeld Kleidung

Zu den Zielen eines Produzenten gehört es, die von ihm hergestellten Waren auf dem entsprechenden Markt an den Konsumenten zu verkaufen. Um den Kunden mit seinem Produkt zu erreichen und sich von anderen Produkten abzuheben, bedient er sich des *Marketings*. Das Marketing sieht vor, „Produkte so anzubieten, daß sie den Bedürfnissen und Wünschen von Konsumenten entsprechen“ [5]. Dazu kennt das Marketing vier steuer– und kontrollierbare Größen, die als die vier **P** bezeichnet werden:

- Produkt
- Preis
- Plazierung (Vertrieb)
- Promotion (Werbung)

Vom Marketing nicht kontrollierbar sind dagegen die beiden Größen **Mitbewerber** und **Konsumenten**. Die Einschätzung des Konsumentenverhaltens und der Versuch dessen gezielter Beeinflussung sind deshalb für das Marketing von entscheidender Wichtigkeit.

Das Konsumentenverhalten hat wie jedes menschliches Handeln eine sehr komplexe Struktur und ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Es wird bestimmt durch ethische, religiöse, ökonomische, psychologische, funktionale, biologische, soziale und kulturelle Prinzipien, deren spezifische Ausprägung bei jedem Individuum anders ist. Die wirklichen Gründe für menschliches Handeln weichen meistens von den Gründen ab, deren der Mensch sich in der jeweiligen Situation bewußt ist und mit denen er sich selbst sein Handeln erklärt oder rechtfertigt. Der Handelnde kennt also die Gründe für sein Handeln nicht [5].

Im Marketing muß sich der Produzent bzw. der Werbende eine Vorstellung davon machen, wie die Promotion seines Produktes den Konsumenten erreicht

und was sie bei jenem bewirkt. Diese Vorstellung vom Verhaltenstyp der Zielgruppe wird das Konzept der Werbestrategie leiten. Zur Unterscheidung der verschiedenen Verhaltenstypen von Konsumenten sind mehrere Modelle entwickelt worden [5]:

- Der *homo oeconomicus* wird von strikter Rationalität und dem Streben nach Nutzensmaximierung geleitet. Die Annahme dieses Modells geht von einem idealen Markt aus, der von totaler Transparenz und völliger Informationsübersicht für den Konsumenten geprägt ist.
- Der Mensch als *Konsumäffchen* ist primär emotional gesteuert, begehrlich, trieborientiert und verspielt und durch geschicktes Marketing fast unbegrenzt beeinflußbar. Dieses Modell impliziert beim Werbenden die Überzeugung von der hohen Wirksamkeit der Promotion in Massenmedien.
- Das *soziale Wesen* richtet sich nach Leitbildern und Referenzgruppen aus und strebt nach einem Prestige– und Statusgewinn bzw. deren Festigung.
- Der *psychoanalytische Konsument* ist sich seiner Handlungsgründe nicht bewußt und folgt in seinem Handeln nur den inneren (meistens unbewußten) Motiven und Wünschen. Produkte wirken bei ihm kompensierend für unerfüllte Bedürfnisse. Bei den Marketingstrategen ist dieses Modell aus naheliegenden Gründen sehr verbreitet und beliebt, doch wird es in der Realität meistens überbewertet.
- Der *kognitive Konsument* schätzt die Folgen seines Handelns ab, indem er Erfahrungen in seine Überlegungen mit einbezieht. Sein ganzes Handeln ist von festen Vorstellungen beherrscht und gründet sich auf die Einschätzung anderer Menschen. Er trifft eigenständig die Entscheidung, was von ihm wahrgenommen und gelernt wird. Berücksichtigt wird neben objektiven Merkmalen auch die über die Objektivität hinausgehende Bedeutung für den Konsumenten, da er ein hohes *kulturelles Wissen* besitzt.

Keines der angeführten Modelle hat uneingeschränkte Gültigkeit, sondern kann allenfalls Teilbereiche menschlichen Verhaltens beschreiben. Zusammen bilden sie ein Bündel möglicher Verhaltensmuster, die jeweils für bestimmte Situationen zutreffen.

Der Entscheidungsprozeß beim Konsumenten setzt sich aus rationalen und irrationalen Komponenten zusammen. Diese Komponenten sind jedoch abhängig von den individuellen Fähigkeiten, der Erziehung und den jeweiligen Randbedingungen der Situation. Rationale Anteile sind zum Beispiel eine bewußte Strategiewahl, der Vergleich von Kognitionen, die Kalkulation von Zielerwartungen, das Erstellen einer Kosten–Nutzen–Analyse, die Informationssammlung und die Ursachenzuschreibung. Sie alle gipfeln in der logischen Entscheidung [5].

Irrationale Anteile an Entscheidungsprozessen sind z. B. unbewußte Motive, der Äußerungsdrang von Trieben, unbewußte Abwehrmechanismen, die Abnahme

der Differenzierbarkeit unter Streß oder Frust, unrealistische Erwartungen, die Übertragung und Verallgemeinerung von negativen Erfahrungen auf andere Lebensbereiche und falsche Informationsverarbeitung. Sie alle machen den unlogischen Anteil an der Entscheidungsfindung aus. In der Regel wird durch Promotion versucht, den irrationalen Teil im Menschen anzusprechen und für das Produkt zu gewinnen [5].

Zwischen den Grenzen von Rationalität und Irrationalität gibt es diverse kombinierte Systeme, die nicht eindeutig zuordbar sind. Dazu gehören das hedonistische Streben nach Maximierung der Lust und Minimierung der Unlust, wie auch das Wechselspiel von Belohnung und Motivation. Durch Belohnung kann Motivation entstehen oder gesteigert werden, wiederholte Belohnung aber führt zu Langeweile [5]. Diese Belohnung muß nicht notwendigerweise von außen kommen, das Individuum kann sie sich auch selber geben („sich etwas gönnen“).

Letztendlich wirkt auch die Struktur der Gesellschaft auf das Individuum und sein Verhalten ein. Die Gesellschaft stellt einerseits erst die Mittel und Möglichkeiten zur Befriedigung von Bedürfnissen zur Verfügung, behindert andererseits aber durch Normen und Konventionen das freie, uneingeschränkte Ausleben der individuellen Triebe. Viele Handlungen sind allein durch die Angst vor sozialer Mißbilligung, der Furcht vor ausbleibender Anerkennung oder der Ausgrenzung aus Gruppen initiiert und gesteuert [5].

3.1 Bedürfnisse

Als Bedürfnis wird das Gefühl eines Mangels bezeichnet, welches gleichzeitig den Wunsch enthält, den Mangel abzustellen. In der Psychologie werden primäre und sekundäre Bedürfnisse unterschieden. Erstere sind angeboren und umfassen grundlegende Dinge wie Hunger, Durst und sexuelle Triebe. Die zweiten sind erworben und beinhalten Gefühle wie Macht und Geltung sowie die Betätigung auf geistiger, sozialer und künstlerischer Ebene [6].

Dieser Wunsch nach Beseitigung eines Mangels ist die Antriebsfeder für menschliches Verhalten. Es wird daher von den Triebreduktionstheorien gesprochen: Im Normalfall ist ein Organismus im Gleichgewicht. Verhalten kommt erst in Gang, wenn dieser Zustand gestört ist und dadurch ein Mangel ensteht. In diesem Zusammenhang wird auch eine Reizsummenregel definiert, die von der Kumulation von Einzelreizen ausgeht. Je nach Stärke des persönlichen Antriebes kann der zu einer Handlung nötige Reiz größer oder kleiner ausfallen. Anschaulich wird dies durch das Bild eines gesättigten Menschen. Sein Antrieb, noch weiter Nahrung aufzunehmen, ist sehr gering. Infolge dessen muß von der Nahrung ein hoher Reiz ausgehen, damit er sie zu sich nimmt. Ein ausgehungerter Mensch wird hingegen fast alles Eßbare aufnehmen, auch wenn der von der Nahrung ausgehende Reiz sehr klein ist [5].

In der Volkswirtschaftslehre sind nur die mit einer Kaufkraft ausgestatteten Bedürfnisse von Interesse, da sie sich am Markt als Nachfrage nach Produkten äußern [6]. Obwohl sie umstritten ist und nie wissenschaftlich bewiesen werden

konnte, ist die Theorie von MASLOW in der Marketingpsychologie sehr verbreitet und beliebt. MASLOW geht davon aus, daß die Selbstverwirklichung ein vorherrschendes Ziel des Menschen sei. Darunter versteht er die Entwicklung aller im jeweiligen Individuum angelegten Möglichkeiten, ohne auf den Ablauf dieser Entwicklung näher einzugehen. Ferner postuliert er, daß die Bedürfnisse in einer hierarchischen Reihenfolge befriedigt werden – zunächst die unteren und danach die höherliegenden. Vor diesem Hintergrund werden die Bedürfnisse oft in Pyramidenform dargestellt. Die grundlegenden (essentiellen) Bedürfnissen bilden die Basis und der Wunsch nach Selbstverwirklichung steht an der Spitze.

Eine andere Darstellungsform ist die folgende Tabelle:

Bedürfnishierarchie	Defizitzustand	Zustand der Erfüllung	Beispiel
physiologische Bedürfnisse	Hunger, Durst sexuelle Frustation, Anspannung, Erschöpfung, Krankheit, Fehlen einer Unterkunft	lustvolle sinnliche Erfahrungen, Spannungsreduktion, Entspannung, körperliches Wohlbefinden, Behaglichkeit	Gefühl der Zufriedenheit nach einem guten Essen
Sicherheitsbedürfnisse	Unsicherheit, Sehnsucht, Angst, Zwangsdenken, Zwangshandlungen	Sicherheit, Erfüllung, Gelassenheit, Ruhe, Frieden	einen sicheren Arbeitsplatz haben
Liebesbedürfnisse	Befangenheit, Gefühl ungeliebt zu sein, Gefühl der Leere, Einsamkeit, Wertlosigkeit, Unvollständigkeit	freie Gefühlsäußerung, Zusammengehörigkeit, Kraft- und Lebensgefühl, Gefühl der Wärme, Ganzheitsgefühl	die Erfahrung völliger Akzeptanz in einer Liebesbeziehung
Selbstachtungsbedürfnisse	Gefühl der Inkompetenz, Minderwertigkeit	Selbstvertrauen, Selbstwertschätzung, Selbstachtung	eine Auszeichnung erhalten
Selbstverwirklichungsbedürfnisse	Entfremdung, fehlender Lebensininhalt, Langeweile, Lebensroutine	gesunde Neugier, Grenzerfahrungen, Selbstverwirklichung Kreativität, lust– und wertvolle Arbeit	das Erleben einer tiefen Einsicht

Tabelle 3.1: Die Maslowsche Bedürfnishierachie, *Quelle:* nach [5]

Obwohl die Zusammenstellung der Bedürfnisse nicht für das Marketing erfolgte, stellt die Theorie von MASLOW eine der wenigen in sich geschlossenen Gedankengebäude dar. Das postulierte Ziel der Selbstverwirklichung stimmt mit dem Entwicklungsstand der heutigen (westlichen) Gesellschaften überein. Physiologische und materielle Bedürfnisse sind in hohem Maße befriedigt. Somit wird die Befriedigung der höhere Bedürfnisse motivationsbildend. Zur Klassifizierung von Produkten zu bestimmten Bedürfnisstufen ist die Theorie also gut geeignet.

3.2 Bedürfnis nach Kleidung

Das Bedürfnis nach Kleidung ist so alt wie die Menschheit selbst. Höhlenmalereien und andere Artefakte der Steinzeit zeugen davon, daß schon damals die Menschen Kleidung als Schutz vor Umwelteinflüssen benutzten. Selbst in der Bibel wird erzählt, daß Adam und Eva Feigenblätter verwendeten, um ihre Scham zu bedecken. Sicherlich ist dies eine der frühesten erwähnten Nutzungen von nachwachsenden Rohstoffen zur Kleidungsherstellung.

Das Bedürfnis nach Kleidung gehört somit zu den grundlegenden, elementaren Bedürfnissen. Deren Befriedigung ist Voraussetzung der menschlichen Existenz. Der MASLOWschen Theorie zufolge ist das Bedürfnis nach Kleidung in der Hierarchie den physiologischen Bedürfnissen zuzuordnen, genauso wichtig wie die Triebe zur eigentlichen Lebenserhaltung, also Luft zum Atmen, Lebensmittel und Wasser zur Ernährung. Der grundsätzliche Produktnutzen von Bekleidung wird damit von niemandem in Frage gestellt. Über den rein funktionalen Nutzen des Produktes hinweg wird zudem oftmals der Ausdruck von Individualität und Image, der mit Kleidung zu erzielen ist, in den Vordergrund gestellt. Sie erfüllt daher eine wichtige psychologische und gesellschaftliche Funktion: Mittels Kleidung kann sich ihr Träger von anderen Individuen abheben und seine Einmaligkeit unterstreichen. Andererseits wird die identische Kleidung von mehreren Menschen deren Gruppengefühl stärken (Gruppenkonformität) und nach außen hin demonstrieren.

Zu einem gewissen Teil kann die Befriedigung des Bedürfnisses „sich kleiden zu wollen“ die Befriedigung anderer, höherwertiger Bedürfnisse ersetzen bzw. ergänzen. Da Kleidung temperaturisolierend wirkt, kann sie das Bedürfnis nach Wärme und Geborgenheit rudimentär befriedigen. Kleidung aus besonders weichen, kuscheligen und taktil–sensitiven Materialien vermag ebenfalls ein Gefühl von Geborgenheit zu vermitteln und damit das Bedürfnis nach körperlicher Nähe bedingt zu befriedigen.

Einen besonders wichtigen Aspekt im Bedürfnisfeld Kleidung stellt der **Konsumhedonismus** dar. Durch den Kauf von Produkten wird eine Befriedigung von physiologischen Bedürfnissen, Sicherheits- und Liebesbedürfnissen (im MASLOWschen Sinne) erlangt, die über den Bedarf an dem rein funktionalen Produktnutzen hinaus geht. Gerade das Produkt Kleidung ist dafür bekannt, Objekt eines Kaufrausches sein zu können.

Damit ist Kleidung also ein Paradebeispiel für Produkte, die die nicht erlangte Befriedigung höherwertiger Bedürfnisse zu kompensieren vermögen.

3.2.1 Aufgabe der Kleidung

Kleidung ist des Menschen zweite Haut, sie schützt ihn vor Umwelteinflüssen wie Kälte, Wärme, Niederschlag und Strahlung. Sie hat die Aufgabe, über den ganzen Tag hinweg ein gleichmäßig physiologisches und hautverträgliches Klima zu erhalten.

Der Tagesablauf eines Mitteleuropäers umfaßt verschiedene Situationen, in denen sich Kälte und Wärme, körperliche Ruhe und Anstrengung, Aufenthalt im Freien und in Gebäuden abwechseln. Zwischen diesen Extremen muß die Kleidung ausgleichen. Schließlich ist es meistens nicht möglich, sich umzuziehen und so den veränderten Anforderungen anzupassen. Für das körperliche Wohlbefinden muß die Temperatur des Körperkerns bei 37° Celsius liegen und darf keinen großen Schwankungen unterworfen sein.

Vom Körper wird kontinuierlich Schweiß in unterschiedlichen Mengen durch in der Haut befindliche Drüsen sekretiert. Der Schweiß trägt unphysiologische Stoffe aus dem Körper aus. Die bei der Verdunstung entstehende Kälte wird vom Organismus zur Regulierung der Körpertemperatur genutzt. Kann dieser Wasserdampf wegen mangelnder Luftzirkulation durch enganliegende oder undurchlässige Kleidung nicht entweichen, kommt es zum Wärmestau. Diese Wärme wird als unangenehm empfunden. Die Folge ist eine noch gesteigerte Schweißsekretion. Der überschüssige Schweiß kann von der Kleidung nicht mehr wegtransportiert werden, bleibt auf der Haut zurück und führt ebenfalls zu Unbehagen. Die auf der Hautoberfläche befindliche Bakterienflora zersetzt den Schweiß und es entsteht Körpergeruch.

Bei niedrigen Umgebungstemperaturen muß von der Kleidung ausreichend Luft zurückgehalten werden. Diese dient als Wärmeisolation. Weite Kleidung läßt über die Hals- und Armöffnungen warme Luft aus- und kalte Luft einströmen; Eng anliegende Kleidung läßt nur ein dünnes Luftpolster enstehen. Beides kann zur Auskühlung des Körpers führen.

Zusätzlich zur Regulation des Körperklimas kann Kleidung auch Schutz an besonders exponierten Arbeitsplätzen bieten. Hier seien beispielsweise der Hitzeschutz bei Feuerwehrleuten, Hüttenwerkern und Schweißern genannt. Der klassische „Blaumann“ ist immer noch die in handwerklichen Berufen übliche Arbeitskleidung. Zur besseren Sichtbarkeit tragen im Straßenverkehr arbeitenden Menschen leuchtend-farbige Schutzkleidung.

Vielfältig sind die Anforderungen an die Kleidung auf dem Sportsektor, wo neben Kälte-, Wärme- und Regenschutz noch viele andere Eigenschaften gewünscht sind. Gerade der oben genannte Schweiß soll von speziell dafür entwickelter Bekleidung von der Haut weggeführt werden, um es nicht zur Auskühlung kommen zu lassen. Aus dem gleichen Grund ist Lauf– und Radfahrbekleidung windundurchlässig, denn die höheren Windgeschwindigkeiten führen zu größerer Verdunstungskälte. All diese Anforderungen haben zu zahlreichen Innovationen (Funktionsunterwäsche, Fleecebekleidung, wasserdichte, windundurchlässige und „atmungsaktive“[1] Kleidung (WWA-Kleidung) etc.) der Textilindustrie geführt.

Darüber hinaus erfüllt Kleidung eine Schmuckfunktion, sie unterstreicht oder kaschiert bestimmte Körperformen und -eigenheiten und trägt zum Wohlbefinden des Trägers bei. Farbe, Schnitt und Stoffauswahl der Textilien sind wichtige Kriterien bei der Kaufentscheidung des Kunden, der sich häufig von Werbeaussagen (ver–)leiten läßt (irrationales Handeln).

[1] = wasserdampfdurchlässige

3.2.2 Kleidung und Mode

In der modernen westlichen Gesellschaft spielen Leistung und damit auch Geschwindigkeit eine wesentliche Rolle. Ständig wird versucht, die Leistung zu steigern, d. h. die gleiche Arbeit in kürzerer Zeit oder mehr Arbeit in der gleichen Zeit zu bewältigen.

Diese Lebenseinstellung spiegelt sich in allen Formen der Kultur wider, sei es in der Eßkultur, der Kunst oder der Mode. Gerade Kleidung ist stark der Mode unterworfen, neue Kollektionen kommen im Abstand von wenigen Wochen in die Geschäfte [7] und läuten jeweils den kommenden Jahresabschnitt ein. Modischer Wandel in der Bekleidung läßt sich geschichtlich bis in das Jahr 400 v. Chr. zurückverfolgen [8], er ist charakteristisch für Mode an sich.

Heute wird der Rhythmus in der Modeentwicklung immer schneller, Trends sind schon passé, bevor sie die Mehrheit der Gesellschaft erreicht haben. Eine kleine Avantgarde grenzt sich durch Neues ab, Mode–Interessierte nehmen es auf und noch bevor eine Ausbreitung auf dem Markt erfolgen konnte, ist die Avantgarde schon wieder in einer anderen Richtung unterwegs.

Kleidung ist Ausdruck dessen

- was wir sind,
- was wir gerne wären und
- wie wir gerne gesehen werden wollen [8].

Modische Bekleidung hat immer einen Persönlichkeitsbezug und dient der Selbstdarstellung und –inszenierung. Sie schafft eine Harmonisierung mit dem eigenen Idealbild, das häufig genug von dem realen Selbst abweicht. Durch die Kleidung erhält man Informationen über die Sozialdaten des Trägers, seine Stellung in der Gesellschaft, seine wirtschafliche Situation und seine Gruppenzugehörigkeit. Dabei steht der Primärnutzen von Kleidung (Schutz vor äußeren Einflüssen) immer öfter im Hintergrund, während ihre symbolische Funktion (Gruppenkonformismus) als Kaufentscheid weiter zunimmt. Der Volksmund kennt dies als: „Kleider machen Leute“.

Mit der Geschwindigkeitszunahme in der Modeentwicklung geht eine Differenzierung einher — es gibt viele Modetrends. Die Spezialisierung der Bekleidung nimmt zu, für jeden Anlaß und jede Aktivität gibt es mittlerweile spezielle Kleidung. Im Freizeit– und Sportsektor hat dieser Umstand für die Wachstumsraten der Vergangenheit gesorgt. Diese Spezialisierung steht in enger Wechselbeziehung mit der technischen Entwicklung in der Textilindustrie, wo neue Materialien mit den gewünschten speziellen Eigenschaften entwickelt werden oder eine noch aufwendigere Veredlung stattfindet.

Bei den jüngeren Käuferschichten ist eine ausgeprägte Markenorientierung bei Kleidung feststellbar. Die mit der Marke verbundenen Eigenschaften und Assoziationen sollen auf den Träger übergehen und so eine Selbsterhöhungsfunktion erfüllen. Gleichzeitig stellt der Kleidungsstil ein Kommunikationsmittel

dar, daß Zugehörigkeit zu bestimmten Gruppen oder die Abgrenzung von ihnen signalisiert. Das „Sich–Kleiden“ wird so zu einem Balanceakt zwischen dem Streben nach Individualität und dem nach Konformismus, zwischen der sozialen Abgrenzung und der Anpassung [8].

Bei den anderen Käuferschichten ist dagegen eher eine Abwendung von Marken, hin zu originellen Unikaten festzustellen. Während bei den jüngeren Käufern das Verhalten durch die wankelmütige Selbstfindungsphase bestimmt ist, steht bei den älteren Käufern das Streben nach Individualität im Vordergrund und leitet den Kaufentscheid.

Insgesamt ist die kurzlebige Mode **der** Triebmotor für die Bekleidungsindustrie. Kleidung wird gebraucht, aber nicht *verbraucht*. Das subjektive Gefühl der Überalterung eines Kleidungstückes liefert in den meisten Fällen den entscheidenden Kaufimpuls, unabhängig von dem tatsächlichen Qualitätszustand [8]. Der Gruppenzwang der gesellschaftlichen Normen und die Angst vor der sozialen Mißbilligung leiten zu Käufen an, bevor die alte Kleidung ihre objektive Lebensdauer erreicht hat.

3.2.3 Probleme mit der Kleidung

Die von der Mode diktierte Schnellebigkeit steht im Gegensatz zu der anzustrebenden Langlebigkeit von Produkten aus ökologischer und ressourcenschonender Produktion.

Diese Erkenntnis ist auch in den Kreisen der Designer und Modeschöpfer weit verbreitet („Ökologie schlägt Mode“, JIL SANDER). Mode und Umweltschutz gelten ihnen als unvereinbar, weil letzterer mit Kargheit und Purismus assoziiert wird [9]. Der Verzicht auf einen schnellen modischen Wandel zugunsten von langlebigen Produkten wird als Hemmnis des Fortschritts angesehen. Eine Beschränkung in der Materialienauswahl behindert die Kreativität der Designer. Doch um immer neue Styles zu entwickeln und mit neuen Materialien exotische Effekte zu erzielen, werden in der Veredlungsindustrie Verfahren und Chemikalien eingesetzt, die die Umwelt stark belasten.

Umweltbelastungen bei der Produktion

„Die Textilindustrie ist der zweitgrößte Umweltverschmutzer der Welt“ [2]. Diese Aussage verwundert nicht, wenn man allein die **Produktion** von Baumwolle in den typischen Anbaugebieten betrachtet. Die Pflanzen benötigen bis zur Reife gewaltige Wassermengen, dessen unkontrollierte Entnahme die Grundwasserspiegel sinken läßt und zur Versalzung der Böden führt[3].

[2] Zitat aus der Vorstellung des Buches MILLENIUM MORAL in der *Textilwirtschaft* Nr. 33 vom 17.08.95

[3] Der Aralsee als eines der größten Binnengewässer der Erde verlandet, weil die Beregnungsanlagen der umliegenden Baumwollfelder ihm das Wasser abgraben. Der See besitzt heute nur noch ein Drittel seiner ursprünglichen Größe. 3,5 Millionen Hektar Seegrund wurden trockengelegt, dessen chemisch verunreinigter Sand nun die umliegenden Felder versalzt

Um den Fuhrpark wirtschaftlich nutzen zu können, werden Felder von riesiger Größe in Monokulturen angelegt. Dadurch ist der Befall mit Schädlingen vorprogrammiert, der den intensiven Einsatz von Pestiziden nach sich zieht. Diese Chemikalien wirken nicht selektiv, sondern schädigen auch Nützlinge. Ferner werden beim Umgang mit toxischen Stoffen in aller Regel grundlegende Sicherheitsvorkehrungen nicht beachtet, sodaß es immer wieder zu Arbeitsunfällen durch Vergiftungen kommt.

Bei der anschließenden **Textilerzeugung** kommen eine Reihe von Hilfsstoffen zum Einsatz, die die Fasern für die maschinelle Verarbeitung vorbereiten sollen. Schmälzen und Schlichten machen die Faser glatter und verringern die Reibung auf den Spinnmaschinen bzw. Webstühlen. Dies führt zu weniger Fadenrissen und erhöht die Lebensdauer der beweglichen Teilen der Maschinen[4]. Nach dem Verspinnen oder Weben müssen diese Schmälzen wieder aus dem Garn entfernt werden, bevor die Textilveredler es weiterverarbeiten können. Dazu werden die Fette und Öle mit Entschlichtemitteln aus dem Garn ausgewaschen und gehen in das Abwasser über, das danach erhebliche Kohlenwasserstoffrachten aufweist und somit dessen BSB/CSB–Gehalt drastisch erhöht. Durch den Spinnprozeß wird feiner Faserstaub erzeugt, der Ursache für Berufskrankheiten ist (Baumwollstaublunge).

In der **Textilveredlung** werden die Gewebe den Anforderungen von Designern, Modeschöpfern und Verbrauchern gemäß vorbereitet. Dies umfaßt die Bleiche, Knitter– und Krumpfverbesserung, griffgebende Behandlung, Antielektrostatika, schmutzabweisende Ausrüstung, Phobiermittel Filzfreiausrüstung, Glanz– oder Mattierungsbehandlung, Flammschutz, antimikrobielle und Fraßschutzausrüstung und vieles andere mehr.

Der deutsche Textilhilfsmittelkatalog enthält ungefähr 8000 verschiedene Produkte, die aus (geschätzt) 400 bis 600 Einzelstoffen bestehen [11]. Ein Universalausrüster in der Textilindustrie verwendet durchschnittlich 300 bis 400 dieser Produkte [9]. Im Jahr 1991 wurden nur in Deutschland 203.300 Tonnen dieser Hilfsmittel produziert und verkauft, von denen 85.000 Tonnen auf die reine Textilveredlung und 31.000 Tonnen auf Textilerzeugung (Spulöle etc.) und auf die Schlichtemittel entfielen. Der gesamte Wert dieser Produkte wird mit ca. 1 Mrd. DM beziffert [8].

Problematisch ist dies in Produktionsstätten, die keinen Umweltschutzauflagen unterliegen und die Anwendung in *umweltoffenen* Verfahren erfolgt. Meistens findet dort auch keine Form der Abwasserbehandlung statt, so daß die Chemikalien mit dem Prozeßwasser in Oberflächengewässer eingeleitet werden. Solche Produktionsanlagen liegen überwiegend in Entwicklungs– und Schwellenländern (die Begriffe werden hier in der üblichen, aber problematischen Sprachregelung verwendet), in denen Arbeits– und Umweltschutzmaßnahmen kaum Beachtung finden [12]. Wenn dort produzierte Kleidung auf dem deutschen Markt

---

und sich mit dem Wind über große Teile Usbekistans ausbreitet [Prospekt der Firma *Organic Pure Cotton*].

[4]Beim Verspinnen von Fasern zu Garnen laufen diese über Rollen und Führungsstäbe mit Drehzahlen von mehreren 100.000 Umdrehungen pro Minute. Nur hochfeste Keramiken halten diese Beanspruchungen aus und leisten einige Monate Dauerbetrieb [10].

verkauft werden soll und dementsprechende Schadstoffüberprüfungen bestehen muß, wird häufig die Ware einige Male vorgewaschen, so daß die Grenzwerte erreicht werden. Die Problematik wird lediglich verlagert und nicht beseitigt.

Generell ist die Veredlung von Textilien ein Industriezweig mit hohem Wasser– und Energiebedarf und großem Abfallausstoß. Die benötigte Wassergüte liegt teilweise über der von Trinkwasser, die verbrauchte Menge steigt von Garnveredlung (60 – 160 l/kg) über Maschenveredlung (150 – 230 l/kg) bis zur Gewebeveredlung (200 – 350 l/kg) stetig an. Für Naturfasern werden zwischen 10 und 20 MJ Energie je Kilogramm behandelter Ware eingesetzt. Je nach den Anteilen der dafür eingesetzten fossilen Energieträgern, ergibt sich dabei ein CO_2–Ausstoß von 0,7 bis 1,3 kg je Kilogramm Textil [13]. Chemiefasern benötigen in diesem Prozeßschritt nur 5 bis 10 MJ/kg, weil den Fasern Farbe und Form schon bei der Erzeugung gegeben werden. Zahlenmaterial des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahre 1987 geben den Klärschlammanfall aus Betrieben der Textilveredlung mit 12.000 Tonnen pro Jahr an [11]. Dieser Schlamm ist hoch mit Schwermetallen und toxischen Chemikalien angereichert und muß als Sondermüll deponiert oder verbrannt werden [9].

Bei der **Konfektionierung** der Textilien kommen Einlagestoffe zum Einsatz, die entweder aus synthetischen Fasern oder aus chlor–gebleichten Naturfasern bestehen. Häufig sind Nähgarne, Wattierungen und Füllstoffe ebenfalls nicht aus natürlichen Materialien. Sie haben jedoch prozentual einen so niedrigen Anteil am Gesamtprodukt, daß sie gemäß dem Textilkennzeichnungsgesetz (TKG) nicht speziell angegeben werden müssen. Ein Etikett mit dem Aufdruck „100 % Baumwolle“ kann daher irreführend sein. Die Verbraucher kennen die Definition nach dem TKG nicht und verlassen sich auf die Angabe [9].

Knöpfe und Reißverschlüsse bestehen vielfach aus galvanisiertem Metall, bei deren Herstellung metallsalzhaltige Abwässer enstehen. Ebenso wie nickelhaltiges Metall kann es beim späteren Tragen der Kleidung zu Allergien führen (s. folg. Kap.) [14]. Die beim Zuschnitt der Stoffe anfallenden Reste werden in den wenigsten Fällen verwertet und gelangen meistens in den Abfall.

Aus Kostengründen findet die *passive Lohnveredlung* im ost– oder südeuropäischen Ausland statt. Dort sind Lohnkosten noch niedrig und die Produktion wird nicht durch Arbeits– und Umweltschutzauflagen verteuert. Natürlich wird der Aufwand für den Transport der Textilien dadurch erhöht.

Der **Handel** und **Vertrieb** der Kleidung findet in der Regel in aufwendigen Verpackungen statt, die über die reine Zweckmäßigkeit hinaus verkaufsfördernder Blickfang sind. Verpackungen aller Art machen volumenmäßig 50 % des zur Zeit anfallenden Haus– und Gewerbemülls aus. Erst seit Inkrafttreten der Verpackungsverordnung (Juni 1991), die eine stoffliche Verwertung von Um– und Verkaufsverpackungen fordert, ist hier ein Wandel eingetreten. Allerdings ist die für die Sammlung und Verwertung dieser Verpackungen gegründete „Duale System Deutschland GmbH“ (DSD) in der jüngeren Vergangenheit oft in die Schlagzeilen geraten. Verpackungsmüll, der eigentlich von der DSD hätte verarbeitet werden müssen, ist auf auf Deponien im Ausland gefunden worden. Die DSD hat seit ihrer Gründung ständige Kapazitätsprobleme. Gerade Kunst-

stoffverpackungen lassen sich laut Aussage des Gesamtverbandes der Kunststoffverarbeitenden Industrie weder ökologisch noch ökonomisch recyceln, sondern müssen thermisch verwertet (verbrannt) werden [15]. Einziger Vorteil der Verpackungsverordnung ist lediglich das durch sie angeregte Nachdenken über die Verpackungen.

Die internationalen Verflechtungen von Betrieben der textilen Kette führt zu einem immensen **Transportaufkommen** zwischen Primärproduzenten, Veredlern, Konfektionären und Handel. Wegen der Schnelligkeit der Mode wird dieser Transport mit Flugzeugen oder Lastkraftwagen vorgenommen, die, bezogen auf das Warengewicht, einen hohen Schadstoffausstoß haben.

Allergien

Für viele der bei der Produktion von Kleidung eingesetzten Stoffe existieren keine oder nur unzureichende Sicherheitsdatenblätter [11]. Es ist daher möglich, daß umwelttoxikologisch bedenkliche Mittel verwendet werden, deren schädliches Potential nur noch nicht ausreichend untersucht wurde. Spuren dieser Stoffe finden sich auch noch nach dem abgeschlossenen Herstellungsprozeß im Gewebe an. Schon durch den normalen Gebrauch können diese Stoffe herausgelöst werden und in die Umwelt entweichen. Entweder finden sie sich in der Waschlauge wieder oder auf der Haut des Trägers. Während sie mit der Waschlauge zusammmen in das nächste Klärwerk gelangen und Probleme bei der Entsorgung bereiten, sind sie auf der Haut von direkter Wirkung. Sie vermögen dort allergische Reaktionen verschiedenster Art hervorzurufen [16]. Diese Reaktionen sind „erworbene“ Überempfindlichkeiten des Körpers gegenüber einer bestimmten Substanz, mit der er in einer vorangegangenen Sensibilisierungsphase Berührung hatte. Nach dem ersten Kontakt mit der Substanz bildet der Organismus Antikörper, die beim zweiten Kontakt mit dem Allergen die Reaktion auslösen (Typ-IV-Allergie) [17].

Als Allergene kommen Bestandteile von Kleidung in Frage, die direkt auf der Haut aufliegen. Da sind z. B. Nickel als Legierungsbestandteil von metallischen Teilen (Knöpfe, Reißverschlüsse, BH), Formaldehyd–Harze aus der Textilveredlung sowie *p–Hemigossypolon*, ein allergener Stoff, der durch Resistenzzüchtung vermehrt in amerikanischer Baumwolle auftritt [17]. Die Liste der potentiell allergenen Stoffe ist lang und wächst ständig.

Während in der überwiegenden Zahl der Fälle lediglich eine lokale Reizung der Haut oder auch der Atemwege (Ausdünstung von Formaldehyddämpfen) auftritt, kommt es in schwereren Fällen zu Kontaktekzemen oder sogar zum allergischen Schock [17]. Er kann bei starken Reaktionen zum Tod führen.

Unfunktionelle Kleidung

Kleidung wird als *unfunktionell* bezeichnet, wenn Sie für eine bestimmte Anwendung konzipiert ist, aber die entsprechenden Anforderungen für diesen Ein-

satzzweck nicht erfüllt. Gerade im Freizeit– und Sportbereich ist Funktionalität der Kleidung eine Grundvoraussetzung. Die Beispiele dafür sind vielfältig:

- Kleidung für den Einsatz im Alpin–Ski muß winddicht, wasserabweisend und wärmeisolierend sein. Leuchtende Farben sind nicht nur modisch, sondern haben auch Signalcharakter und können im Notfall die Rettung von Unfallopfern beschleunigen.
- Jäger benötigen wärmeisolierende und robuste Kleidung, die so geschnitten sein muß, daß die Träger sich ohne Probleme durch das Unterholz bewegen können. Grüne und braune Farben lassen den Menschen mit der Umgebung verschmelzen und erschweren dem Wild das Entdecken.
- Für Kletterer ist eng anliegende Kleidung erforderlich, die weder Falten wirft noch die Bewegung einschränkt. Die Schuhe des Kletterers haben je nach Einsatz verschieden steife Sohlen, um den Kontakt zum Felsen zu optimieren.

Es ist einsichtig, daß jede Form der Freizeitbeschäftigung ihre eigene spezielle Bekleidung benötigt. Der Kletterer wird sich mit den Stiefeln des Skifahrers nicht bewegen können und einen Jäger würde die grelle Farbe des Skianzuges schon früh verraten.

Aber auch die Alltagskleidung muß bestimmte Anforderungen erfüllen, um dem Träger optimalen Nutzen zu bringen. Im Sommer darf die Bekleidung nicht die Hautatmung unterbinden, im Winter muß sie das Entweichen bzw. die Verdrängung des erwärmten Luftpolsters rund um den Körper verhindern. Zu eng geschnittene Kleidung kann nicht nur in der Bewegungsfreiheit einschränken, z. B. ein enger Schlauchrock oder ein zu enges Jackett, sondern auch die Beeinträchtigung von Körperfunktionen nach sich ziehen. Dazu u. a. gehören Durchblutungsstörungen und Überhitzungen wegen zu eng sitzender Kleidung (Hemden, Krawatten, BH, Hosen etc.) [16].

Umweltbelastungen durch Reinigung und Pflege von Kleidung

Pro Kopf der Bevölkerung der Bundesrepublik werden jährlich zwischen 11 kg (nur Bekleidung) [18] und 26 kg (textile Rohstoffe insgesamt) [19] Textilien und Bekleidung verbraucht. Zu deren Reinigung und Pflege wurden 1991 in der BRD 726.000 Tonnen Waschmittel verkauft. Das entspricht einem Pro–Kopf–Verbrauch von 9 kg jährlich, dem dreifachen des Verbrauches von 1960.

Generell zeichnet sich die Gebrauchsphase von Kleidung durch eine enorme Umweltbelastung aus. Im Zusammenhang mit dem Waschen der Kleidung werden Chemikalien, Energie und Wasser verbraucht. Beim maschinellen Trocknen kommt nochmals Energieverbrauch hinzu.

Eine Ökobilanz über die Produktion und den Gebrauch von Waschmaschinen [13] hat ergeben, daß alle technischen und verbraucherabhängigen Maßnahmen

zur Wasser– und Energieeinsparung beim Waschen effektiver sind als entsprechende Maßnahmen bei der Herstellung von Waschmaschinen und Waschmitteln (s. Anh. C.1).

Die Wäschepflege und –reinigung verursacht den größten Anteil am häuslichen Abwasser eines bundesdeutschen Haushaltes. Die auf dem Markt erhältlichen Waschmittel sind zwar ständig umweltverträglicher geworden, doch ist der Abwasserstrom generell durch das häufige Waschen groß. So sind z. B. seit dem Inkrafttreten der Phosphathöchstmengenverordnung Mitte der achtziger Jahre Ersatzstoffe entwickelt worden, die wesentlich umweltverträglicher als die Phosphate sind [8].

Der Energieverbrauch zur Pflege der Kleidung ist erheblich höher als der zu ihrer Erzeugung. Die Erzeugung von einem Kilogramm Baumwollbekleidung benötigt annäherungsweise 135 MJ Primärenergie (Rohfaser 50, Spinnen 20, Weben 10, Veredlung 50, Transport 5), während die Pflege (Waschen und Bügeln) über die Lebensdauer der Kleidung hinweg 885 MJ Energie erfordert (s. Kap. 4.4).

Hier offenbart sich ein enormes Einsparpotential, daß die theoretisch zu erzielenden Einsparungen durch Prozeßoptimierung aller Einzelschritte der Produktionskette bei weitem übertrifft. Infolgedessen wird im weiteren Verlauf der Arbeit auf diesen Punkt spezielles Augenmerk gelegt werden müssen.

Entsorgung

Die Entsorgung von gebrauchten Produkten kann theoretisch auf verschiedenen Wegen geschehen. Entweder werden sie in die Stoffkreisläufe zurückgeführt oder als Abfall entsorgt. Die Rückführung kann aus einer Weiterverwendung[5] des Produktes bestehen (Altkleidersammlung, Second–Hand–Läden), der Verwertung einzelner Bestandteile für gleiche, gleichwertige oder minderwertige Produkte (*Downcycling*) oder der Zerlegung in Rohstoffe, die dann zur Herstellung eines gleichen oder anderen Produktes verwendet werden können (*Recycling*). Im Zusammenhang mit der Altkleidersammlung ergeben sich Probleme aufgrund der Menge an abgelegter Kleidung. Vielfach werden Altkleider in Entwicklungsländer exportiert und verdrängen deren heimische Textilindustrie. In jüngerer Zeit wurde entdeckt, daß Kleidersammlungen zwar unter dem Namen karitativer Verbände durchgeführt werden, die Kleider aber an kommerzielle Händler gelangen und in deren Second–Hand–Läden verkauft werden[6].

Eine Entsorgung als Abfall geschieht entweder durch energetische (thermische) Verwertung, durch Kompostierung oder Deponierung [13]. Eventuell in der Kleidung noch enthaltene Reststoffe aus der Ausrüstung können dadurch in die Umweltkompartimente Wasser und Boden gelangen.

[5] Siehe dazu die Definition von *Abfall* im Abfallgesetz: „Abfälle im Sinne des Gesetzes sind bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigen will...“ [20]. Das heißt, allein durch den Willen zur Entledigung wird eine Sache zum Abfall, kann aber für jemand anderen durchaus noch von Wert sein.

[6] Beitrag im Fernsehmagazin *Monitor*, Januar 1996

Das Abfallgesetz [20] setzt die Prioritäten für die Abfallbehandlung in der Reihenfolge:

- Vermeiden,
- Verwerten, (stofflich, d. h. Rückführung in Stoffkreisläufe)
- Verwerfen (Entsorgung).

Aus dogmatisch–ökologischer Sicht ist ein Vermeiden vorzuziehen, da dadurch Stoff– und Energieströme reduziert werden. Jedoch ist die Vermeidung von Abfällen in der Konsumgesellschaft meistens nicht praktizierbar, da der Konsum den Verbrauch von Produkten beinhaltet und nur so eine Neuproduktion nach sich zieht. Die grundsätzliche Vermeidung von Abfall kann also nicht gefordert werden, ohne den strukturellen Aufbau der westlichen Gesellschaft in Frage zu stellen. Daher ist in jedem Einzelfall eine Abwägung von Vor– und Nachteilen der jeweiligen Abfallbehandlung vorzunehmen und nach deren Ergebnis die Entscheidung über Vermeiden, Verwerten oder Verwerfen zu treffen.

Ein Recycling von Produkten ist ökologisch nur sinnvoll, wenn der Energieverbrauch, die Emissionen und der Rohstoffverbrauch dazu geringer ausfallen als bei der Neuherstellung des Produktes. Die Voraussetzungen für ein Recycling sind demzufolge:

- sortenreine Produkte,
- saubere Produkte,
- ein geringerer Energieverbrauch als bei Neuherstellung,
- keine Eigenschaftseinbußen beim rezyklierten Material,
- daß das Material einen geringen Heizwert hat und
- die Deponierung oder Verbrennung des Produktes erhebliche Risiken für Umwelt und/oder Gesundheit bedeuten.

Die grundlegende Forderung bei der Entscheidung für ein Produktrecycling ist daher stets, daß der gesamte Aufwand für die Wiederherstellung des stofflichen Ausgangszustandes eines Produktes **deutlich** niedriger sein muß, als der für die ursprüngliche Bereitstellung der Stoffe [13].

Auf dem Textil– und Bekleidungssektor ist in aller Regel ein Downcycling bzw. eine thermische Verwertung der Altkleider vorzufinden. Das jährliche Abfallaufkommen an textiler Bekleidung wird für die Bundesrepublik auf etwa 600.000 Tonnen geschätzt, von denen ein Drittel von den Altkleidersammlungen erfaßt werden und zwei Drittel in den Haus– und Sperrmüll gelangen [18].

Die gesammelten Textilien sind meistens nicht sortenrein und können nur unter erheblichem Aufwand voneinander getrennt werden. Zudem sind sie in aller

Regel mit Textilhilfsmitteln und/oder Farbstoffen versehen, die sich kaum entfernen lassen.

Sofern die Sortenreinheit gegeben ist, läßt sich aus Altkleidern auf Zellulosebasis Viskose herstellen. Die zum Aufschluß der Kleider nötige Energie ist in etwa gleich groß wie beim Zelluloseaufschluß aus Holz [13]. Bei sortenreinem Polyester ist das Einschmelzen ebenfalls möglich: Die Firma Gore hat eine Produktlinie entwickelt, die nur aus Polyester und der wasserdichten PTFE–Membran besteht. Nach dem Gebrauch kann die Bekleidung an den Hersteller zurückgegeben werden, der die Bestandteile mechanisch voneinander trennt[7]. Während die Membran echt rezykliert wird, kann aus dem Polyestermaterial in einem Downcycling–Prozeß nur ein minderwertigeres Produkt hergestellt werden.

Ein anderer Ansatzpunkt wird von dem Hersteller Malden Mills verfolgt: Der Großteil der produzierten Polyester–Fleece–Bekleidung ist aus rezykliertem Material[8] mit einem Gewichtsanteil von bis zu 95 Prozent. Das Ausgangsmaterial soll hauptsächlich aus ehemaligen Getränkebehältern bestehen.

Der energetische und damit auch finanzielle Aufwand zum Trennen und Aufschließen der Altkleidung steigt mit der Anzahl der voneinander zu trennenden Gemischbestandteile, was sich mit Hilfe der Gesetze der Thermodynamik (Entropiezunahme, Unordnung) leicht nachvollziehen läßt.

Material	**Heizwert [MJ/kg]**
Baumwolle	15
Wolle	20
Hanf	14 – 15
Polyester	22
Polyacryl	29
Polypropylen	43
Rohbraunkohle	9
Steinkohle	30
Rohöl	43

Tabelle 3.2: Heizwerte von Textilrohstoffen im Vergleich zu fossilen Energieträgern.
Quelle: [2, 13, 21]

Besonders bei der Betrachtung der Heizwerte von Bekleidungsrohstoffen im Vergleich zu fossilen Energieträgern wird daher die thermische Verwertung von Alttextilien interessant. Eine moderne Brenn– und Filtertechnologie auf dem Stand der Technik vorausgesetzt, kann die schadstoffarme Verbrennung von Alttextilien durchaus ökologisch sinnvoll sein: Je nach Material kann Erdöl zur Energiegewinnung bis zur gleichen Höhe der entsprechenden Masse eingespart werden (s. Tab. 3.2).

[7] Mitteilungsblatt der Fa. Gore an den Einzelhandel.
[8] Produktinformation an jedem Malden–Produkt.

Die Kompostierung von Bekleidung liefert im Gegensatz zur Verbrennung in der Regel keine nutzbare Energie, emittiert aber die gleiche Menge an CO_2 [13]. Zudem ist sie mit einem erheblichen Platzbedarf verbunden. Sofern die zu kompostierenden Stoffe keine zu hohen Gehalte an Textilchemikalien haben, kann zumindest der entstehende Kompost als Dünger genutzt werden.

Die energetische Alternative zur Verbrennung ist die Gewinnung von Biogas aus der Kleidung. Dabei ensteht ein Gas, daß sich zu 65 Prozent aus Methan und zu 35 Prozent aus Kohlendioxid zusammensetzt. Bei der Verbrennung des Gases entsteht genauso viel CO_2 wie bei der kompletten Verbrennung der Kleider. Solange ein aerober Abbau stattfindet, entspricht die Biogasgewinnung bezüglich der CO_2–Emission daher einer Verbrennung der Kleider mit zeitlicher Verzögerung. Bei anaerobem Abbau und einem ungenutzten Entweichen des entstehenden Methans in die Atmosphäre, wirkt dieses hingegen als 20–fach wirksameres Treibhausgas als Kohlendixoid [13].

3.3 Ökologische Kleidung

Angesichts der Vielzahl von Problemen, die mit der Bekleidungsproduktion verbunden sind, wurden in der Vergangenheit immer wieder Versuche unternommen, Teilbereiche der Produktion umweltfreundlicher zu gestalten.

Etwa 15 – 20 % der europäischen Bevölkerung leiden derzeit an Überempfindlichkeiten und allergischen Reaktionen. Die These, daß dies seine Ursache in der allgemeinen Zunahme von ubiquitären Umweltgiften hat, ist zwar noch umstritten, wird aber von der Mehrheit der Allergologen getragen [17]. Besonders aus dem Kreis der Allergiker wurde in der Vergangenheit der Wunsch nach Kleidung mit einen geringen allergenen Potential geäußert. Diese Kleidung muß aus einem Material sein, das die Haut ihres Trägers nicht durch Form, Oberfläche oder sonstige Beschaffenheiten reizt. Es dürfen keine Stoffe enthalten sein oder während des Herstellungsprozesses eingebracht werden, die eine allergene Funktion haben.

Über diese rein humantoxikologischen Aspekte der Kleidung hinaus werden in letzter Zeit generell die Produktionsweisen der Textilindustrie thematisiert. Die auf Seite 18 genannten Zahlen von Wasser– und Energieverbrauch sowie Abfallaufkommen in der Textilindustrie belegen die Größe der üblichen Stoffströme.

In der Mehrzahl der Betriebe wird verschwenderisch mit nicht–erneuerbaren Ressourcen umgegangen und die Kosten dafür werden auf die Gesellschaft oder in das Ausland abgewälzt (externe Kosten). Einsparungen oder Rücksichtnahme auf die Mitwelt finden nur dann statt, wenn sie aus betriebswirtschaftlicher Sicht nötig sind. Häufig findet eine Verlagerung der Produktion in das Ausland gerade deshalb statt, **weil** im Zielland keine oder niedrigere Arbeits- und Umweltschutzauflagen zu erfüllen sind.

Bislang ist lediglich eine kleine Anzahl von Herstellern bereit, die eigene Produktion kritisch zu hinterfragen und nach ökologischen Kriterien zu optimieren. Das Ziel ist die „Reduzierung und Vermeidung von ökologisch bedenklichen und

naturfremden synthetischen Stoffen“ [9] entlang der kompletten Produktionslinie („Von der Wiege bis zur Bahre“). Die so enstehenden *Ökotextilien* weisen keine Rückstände auf und sind unter dem geringstmöglichen Verbrauch (Stand der Technik) von Energie und Ressourcen produziert.

3.3.1 Ökolabel

Einige Hersteller und Handelshäuser sind auf die Nachfrage nach ökologischer Kleidung eingegangen und haben entweder gemeinsam oder jeweils für sich Kriterien aufgestellt, die Textilien erfüllen müssen, um dem Anspruch an gesunde[9] Kleidung zu erfüllen. Dabei sind eine Vielzahl sogenannter *Öko–Labels* entstanden, die meistens nach proprietären Standards vergeben werden. Da die Begriffe „Bio“ und „Natur“ bei Textilien gesetzlich nicht definiert sind [9], ist dem Mißbrauch Tür und Tor geöffnet. Das Resultat ist in den meisten Fällen bei kritischer Hinterfragung schnell als Pseudo–Engagement für die Umwelt entlarvt, das lediglich einem Markttrend folgend auf das Kaufpotential der Verbraucher abzielt. Die Labels sollen dem Käufer suggerieren, daß der Hersteller dessen Wünschen folgt und human– und umwelttoxikologisch unbedenkliche Kleidung produziert. In der Realität sind die Prüfungen, sofern sie denn überhaupt stattfinden[10], unzureichend und lediglich am Produkt orientiert.

Von diesen Negativbeispielen abgesehen gibt es eine Reihe von Öko–Labels, die von Verbänden, Instituten oder mehreren Firmen der Branche gemeinsam initiiert und vergeben werden. Durch strenge Auflagen und von unabhängigen Instituten vorgenommene Prüfungen soll sichergestellt werden, daß die Produktion der zertifizierten Betriebe wirklich kontinuierlich nach den ökologischen Kriterien erfolgt. Die Betriebe erhoffen sich dadurch einen Imagegewinn und das Vertrauen der Verbraucher in das Label. Nachfolgend sind einige Label aufgeführt, die von der Verbreitung und dem Bekanntheitsgrad her am wichtigsten sind.

M.S.T.

Das „Markenzeichen schadstoffgeprüfter Textilien MST“ wurde 1992 vom *Verein für umweltfreundliche Textilien M.S.T* ins Leben gerufen und vergeben. Der Verein wird maßgeblich vom Textilverband Gesamttextil unterstützt. Die Kriterien der Schadstoffprüfung sind nahezu identisch mit den Anforderungen nach Ökotex-100 [9].

Ökotex-100

Vom Forschungsinstitut Hohenstein und dem österreichischen Textil–Forschungsinstitut wird seit 1992 das Label „Schadstoff geprüft nach Öko–Tex–Standard 100“ vergeben, welches sich an die schon bestehenden österreichischen

[9] Gesund im Sinne von „nicht krank machend“.

[10] Viele Labels aus Fernost werden willkürlich und nach Wunsch der Kunden ausgestellt [9].

Richtlinien (ÖTN 100) anlehnt. Dieser Standard setzt zulässige Höchstwerte für pH-Wert, Schwermetallrückstände, Pestizidrückstände, Formaldehyd– und Pentachlorphenolgehalt (PCP) fest und verbietet den Einsatz von cancerogenen und potentiell cancerogenen Farbstoffen.

Da diese Anforderungen mit denen des M.S.T. konkurrierten, haben sich die beiden Label–Vergeber 1994 unter einem gemeinschaftlichen Zeichen zusammengeschlossen: „Textiles Vertrauen – Schadstoff geprüfte Textilien nach Öko–Tex–Standard 100“. Zu diesem Anlaß wurden die Kriterien zur Vergabe des Labels überarbeitet. Trotzdem sind sie von der einheimischen Textil– und Bekleidungsindustrie ohne großen Aufwand zu erfüllen. Billigimporte haben allerdings größere Schwierigkeiten bei deren Erfüllung.

Hervorzuheben sind die Anforderungen an die Produzenten bezüglich des Chemikalieneinsatzes. Dieser muß nahezu offengelegt werden. Negativ sind die unvollständigen Kontrollen auf Pestizidrückstände, bei denen die weit verbreiteten Organophosphate (s. Kap. 3.6.1) und synthetische Pyrethroide nicht mit berücksichtigt werden. Außerdem lassen sich die Grenzwerte für Pestizide durch wenige Wäschen einhalten. Des weiteren bestehen keine Richtlinien in bezug auf Rohstoffverarbeitung, Vorbehandlung und Veredlung. Es werden keine Angabe über Abwasser und Abfall gemacht und nur zwei der allergenen Textilfarben sind verboten [9, 22]. Das Label bewertet lediglich die reine Textilverarbeitung, ohne den Anbau bzw. die Herkunft der Faser zu betrachten. Selbst wenn dort mit rücksichtslosem Einsatz von Chemie gearbeitet würde, könnte dies durch entsprechende Nachbehandlung verschleiert werden und die Richtlinien von Öko–Tex–100 wären erfüllbar. Damit sind die nach diesen Vorgaben gefertigten Textilien eben nur als **schadstoffgeprüft**, aber nicht als Ökotextilien im Sinne des nachhaltigen Wirtschaftens zu bezeichnen.

ecotex

Das eco–tex–Konsortium bietet seinen Mitgliedsunternehmen einen Leistungskatalog an, der sowohl sogenannte *Audits* von Produkt bzw. Produktion umfaßt, als auch vorbereitende Maßnahmen zur späteren Zertifizierung nach EG–Öko–Audit bzw. der ISO 9000–Familie.

Die Überprüfung der Produkte erfolgt nach den Kriterien, die auch M.S.T. und Öko–Tex verwenden, betrachtet aber zusätzlich auch Logistik und Warenwirtschaft und die Entsorgungs– bzw. Recyclingfähigkeit der Produkte. Die Herkunft der Faserrohstoffe wird zumindest im Hinblick auf Schadstoffreiheit hin überprüft. Eine Kontrolle der Primärproduktion wird jedoch auch von eco–tex nicht vorgenommen.

Die von eco–tex geforderten Voraussetzungen im Unternehmen umfassen die Ablehnung von „unsinnigen Designer– und Marktwünschen“ [23]. Eine grundlegende Bereitschaft zur Veränderung der bestehenden Strukturen und der Hinwendung der Firmenpolitik zur ökologischen Produktionsweise wird vorausgesetzt. Daten und Informationen zur Produktion sind offenzulegen und die Unternehmensmitarbeiter zu entsprechender Mitarbeit anzuhalten.

Das Konsortium stellt dem Betrieb bei Bestehen der Prüfung ein entsprechendes Zertifikat für jedes auditierte Produkt bzw. jedes Produktionsverfahren aus. Mit Schließen eines zusätzlichen, umsatzbezogenen Lizenzvertrages kann das Unternehmen seine Textilien mit dem eco–tex–Label bewerben.

AKN

Der Arbeitskreis Naturtextilien e. V. besteht aus einer Reihe von Bekleidungsherstellern, die sich als Vorreiter für eine ökologisch verträgliche Textilproduktion verstehen. Dazu gehören sowohl vorsorgender Gesundheits– als auch Umweltschutz als feste Bestandteile der Produktion. Mitte 1994 hat der AKN verbindliche Richtlinien für die Mitgliedschaft sowie ein eigenes Markenzeichen erstellt. Diese Richtlinien sind derzeit die strengsten und umfassendsten mit besonderen Schwerpunkten auf Herstellungs– und Humantoxikologie. Sie schreiben für alle Teilbereiche der textilen Kette Kriterien und Grenzwerte vor und zielen auf eine grundsätzliche Verringerung von Chemikalien in der Textilproduktion ab. Diese sollen, soweit möglich, durch Naturstoffe und physikalisch–mechanische Verfahren ersetzt werden. Wo dies nicht möglich ist, soll ihr Einsatz minimiert und der Umgang mit ihnen risikoärmer werden.

Der AKN sieht nur den Einsatz von Naturfasern vor, die entweder aus kontrolliert biologischem Anbau oder unter bestimmten Auflagen (Pestizidgrenzwert 0,1 mg/kg) auch aus konventionellem Anbau stammen dürfen. In der Rohstoffverarbeitung dürfen keine formaldehydhaltigen chemischen Hilfsmittel, keine Schwermetalle, keine organischen Halogenverbindungen (AOX) und lediglich Schlichtemittel mit einer neunzigprozentigen biologischen Abbaubarkeit verwendet werden. Bleichen und Tenside, Fleckschutz, Aufheller, schädling–resistente und andere Ausrüstungen sind in der Produktion verboten. Erlaubt sind lediglich thermische und mechanische Ausrüstungsverfahren sowie Färbung mit pflanzlichen, tierischen und mineralischen Farbstoffen [9].

Der AKN führt regelmäßig das „Achberger Symposium“ durch, auf dem sich die Mitglieder austauschen und auf denen Fachvorträge zur Thematik gehalten werden. Bisher sind zwei Tagungsbände dieser Symposien erschienen: *Ökologie und Bekleidung* [24] und *Ökologie und Bekleidung 2* [25].

3.4 Werkstoffkunde der Textilfasern

Das ökonomische Prinzip zwingt Textilproduzenten zur optimalen Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Fasern. Dabei kommt es besonders auf die jeweils erforderlichen Fasereigenschaften und deren Zusammenwirken im Endprodukt an. Ausgehend von den Gebrauchsanforderungen an das fertige Produkt ist eine Gewichtung der einzelnen Eigenschaften nötig – es muß ein Eigenschaftenprofil der Fasertypen erstellt werden. Diejenige Faser mit den meisten Übereinstimmungen zwischen geforderten und bestehenden Eigenschaften wird für das betreffende Textilstück zum Einsatz kommen.

Von Interesse sind für den Produzenten besonders die Verarbeitungseigenschaften (Faserlänge, Kräuselung, Faserfeinheit, Faserquerschnitt etc.), die Verspinnbarkeit, Färbbarkeit, Reinigungsfähigkeit, Widerstandsfähigkeit (Reiß-, Scheuer- und Temperaturbeständigkeit), hygienische Eigenschaften und nicht zuletzt der Energieverbrauch bei der Herstellung sowie die Kosten je Arbeitsplatz.

3.4.1 Verarbeitungseigenschaften

Faserlänge

Die Faserlängenverteilung eines Faserstoffes wird je nach Anwendung auf Basis der Anzahl, der Länge, der Masse oder des Querschnittes erhoben. Sie gibt Auskunft über die Verspinnbarkeit einer Faser und ist in Schaubildern festgehalten. Naturfasern werden unterschieden in *Kurz–* (Baumwolle) und *Langfasern* (Hanf), wobei letztere meistens für technische Textilien verwendet werden, oder durch „Kotonisierung“ auf die der Baumwolle entsprechende Länge gebracht werden. Ab einer Länge von 10–15 mm ist die Verspinnbarkeit von Fasern gegeben [10].

Kräuselung

Die Kräuselung einer Faser bestimmt wesentlich die Eigenschaften bei der Verarbeitung zum Garn. Sie beeinflußt den Zusammenhalt der einzelnen Fasern aneinander und damit die Festigkeit des Garnes. Weiter ist sie für die Voluminosität und dadurch auch für die Wärmerückhaltung des späteren Flächengebildes verantwortlich. Der Griff und die Knittererholung des Gebildes werden ganz wesentlich durch die Kräuselung bestimmt.

Naturfasern weisen keine Kräuselung auf. Beim Hanf kommt der Verspinnbarkeit das stellenweise Abspalten (s. Abb. 3.1) von Faserbündeln oder Elementarfasern entgegen.

Baumwollfasern weisen im reifen Zustand Verwindungen auf (s. Abb. 3.2), die den Garnzusammenhalt im Sinne der Kräuselung begünstigen. Beim Verspinnen der Baumwollfaser greifen die Verwindungen scharnierartig ineinander und haften so besonders gut im Garn aneinander [10].

Faserfeinheit

Die Feinheit einer Faser ist der Quotient aus ihrer Masse bezogen auf ihre Länge. Sie wird in der Einheit *tex* gemessen, was 1 g/1000 m entspricht. Faserfeinheiten werden in verschiedenen Klassen geordnet. Hanffasern wären danach als *normal* und Baumwolle je nach Herkunft als normal bis *fein* einzustufen. Baumwollfasern sind also von Natur aus feiner als Hanffasern. Jedoch können diese durch die Wahl des Aufschlußverfahrens in Feinheitsbereiche gebracht werden, die dicht an die der Baumwolle heranreichen [27].

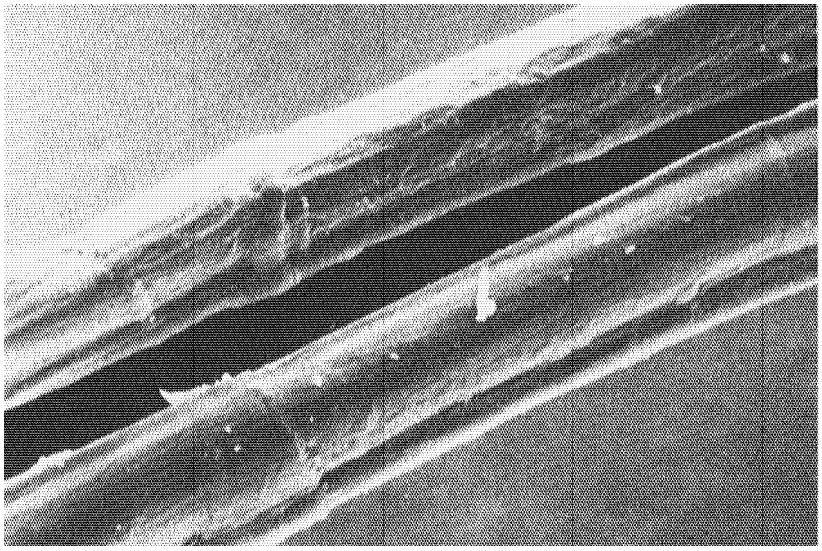

Abbildung 3.1: Bastfaserbündel aus Stengeln von *Cannabis sativa*.
Separierte Einzelfasern, Oberfläche aufgerissen und querverschoben,
Faserbündellänge 1–3 m, Faserlänge 10–33 mm. REM–Aufnahme, *Quelle:* [26]

Die Feinheit spielt eine große Rolle für die Verspinnbarkeit einer Faser: Feine Garne sind nur aus feinen Fasern herstellbar, da eine Mindestfaseranzahl im Garnquerschnitt erforderlich ist. Damit läßt sich auch eine *Ausspinngrenze*, bezogen auf das angewendete Spinnverfahren, definieren. Beim *Ringspinnverfahren* sind für Baumwolle 15–17 Mindestfasern im Garnquerschitt angegeben, mit denen eine Garnfeinheit von 2 tex bzw. Nm 500 erreichbar ist[11] [10].

Je feiner eine Faser ist, desto höher sind die Haftkräfte im späteren Garn. Dies ist schon wegen ihrer größeren spezifischen Oberfläche und des dadurch bedingten höheren Reibschlusses einsichtig.

Im Vergleich zur jeweils gröberen Faser beeinflußt eine feine Faser folgende Eigenschaften des fertigen Flächengebildes:

- der *Griff* wird weicher,
- die *Biegesteifigkeit* wird geringer,
- die *Knitterresistenz* wird geringer,
- die *Warenoptik* wird matter und
- der *Farbeindruck* wird schwächer.

3.4.2 Verspinnbarkeit

Für die verschiedenen zur Anwendung kommenden Spinnverfahren ist eine unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Eigenschaften vorhanden. Die wichtig-

[11] Die Einheit *Nm* steht für *Nummer, metrisch*; 1 Nm = 1 m/g = 1/1000 tex

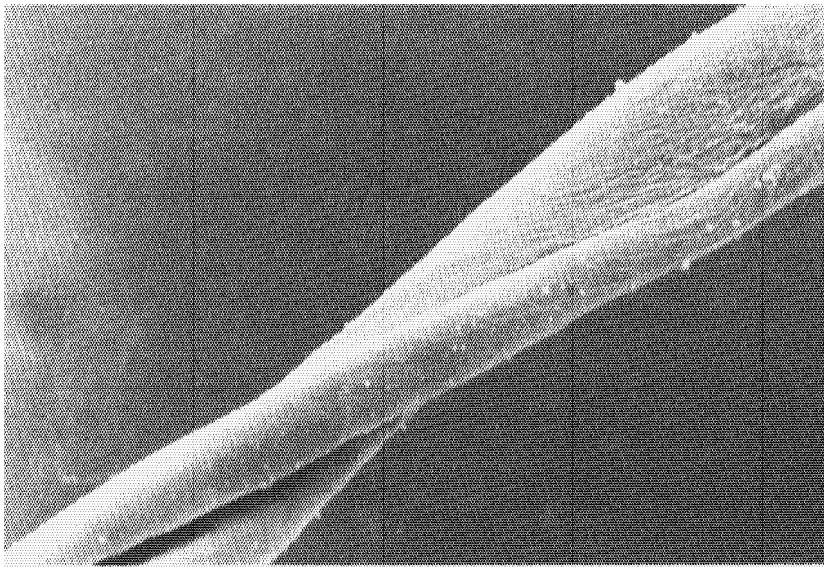

Abbildung 3.2: Einzellige Samenhaare von Gossypium.
Helixförmige Verwindung der Faser, Faserbreite 10–20 μm
REM–Aufnahme, *Quelle:* [26]

sten Verfahren sind das *Ringspinnverfahren* und das *Rotorspinnverfahren*, für die die wichtigsten geforderten Eigenschaften in Tabelle 3.3 aufgeführt sind.

Ringspinnerei	**Rotorspinnerei**
Faserlänge	Faserfestigkeit
Faserfeinheit	Dehnung
Faserfestigkeit	Faserfeinheit
Dehnung	Sauberkeit
Steifheit	Steifheit
Sauberkeit	Faserlänge
Oberfläche	Oberfläche

Tabelle 3.3: Technologische Fasereigenschaften in Abhängigkeit des Spinnverfahrens. In absteigender Wichtigkeit geordnet. *Quelle:* [27]

Im Vergleich der Verfahren ist zu sehen, daß ein– und dieselben Fasereigenschaften bei unterschiedlichen Spinnverfahren verschiedene Wichtigkeiten besitzen können und daß daher schon bei der Faseraufbereitung auf die entsprechenden Kriterien für die Weiterverarbeitung hingearbeitet werden muß. Bezüglich der Hanffaser ist hier festzuhalten, daß sie aufgrund ihrer geringen natürlichen Dehnbarkeit schlecht auf Rotorspinnmaschinen verarbeitet werden kann.

3.4.3 Färbbarkeit

Farbige Kleidung hat eine große Bedeutung für den Menschen, um Stimmungen wiederzugeben, zu unterstreichen oder hervorzurufen. Färbetechniken sind da-

her fast genauso alt wie Kleidung selbst und haben einen entsprechend hohen Bedeutungsgrad innerhalb der textilen Kette.

Das Ziel der Textilindustrie bezüglich Färbungen von textilen Materialien ist stets

- eine technisch realisierbare und dennoch ökonomisch vertretbare Färbetechnik,
- eine hohe Farbtiefe,
- eine gewisse Farbnuance zu erreichen,
- eine hohe Gleichmäßigkeit der Färbung,
- eine hohe Farbechtheit und
- eine gute Wechselwirkung zwischen Farbstoff und Faser.

Der Färbevorgang von Textilien findet grundsätzlich im wäßrigen Medium statt. Für seinen Erfolg sind die Quellbarkeit der Faser und der Dissoziations– bzw. Assoziationsgrad des Farbstoffes entscheidend. Letzterer hängt von der jeweiligen Faser–Farbstoff–Kombination ab. Zellulosefasern, zu denen Baumwolle und Hanf gehören, weisen eine hohe Quellbarkeit auf. Sie sind daher gut zu färben.

3.4.4 Widerstandsfähigkeit

Reißfestigkeit

Die Reißfestigkeit (technisch: Höchstzugkraft bzw. Höchstzugspannung) einer Faser ist bestimmt durch die maximale Spannung, die durch eine axial an der Faser angreifende Kraft erzeugt wird. Diese Spannung bewirkt eine Verformung der Faser, mit der eine Querschnittsverringerung einhergeht. Der Zusammenhang zwischen Kraft und Verformung wird in *Kraft–Dehnungs–Diagrammen* für das jeweilige Material wiedergegeben.

Steigert man die Zugbeanspruchung kontinuierlich, wird zu einem stoffspezifischen Zeitpunkt die Höchstzugkraft–Dehnung der Faserprobe überschritten und sie bricht. Bei der Beschreibung von Faserfestigkeiten steht im allgemeinen die Höchstzugspannung im Vordergrund. Da diese bei der Anwendung im textilen Bereich meistens nicht einmal annähernd erreicht wird, benutzt man immer häufiger die Dehnung als Vergleichsgröße (s. Verspinnbarkeit). Besonders interessant ist dabei das Dehnungsverhalten unterhalb der Höchstkraft–Dehnung bei Berücksichtigung der Einwirkdauer. Es beschreibt die elastischen und plastischen Eigenschaften der Faser sowie deren dynamisch–mechanisches Verhalten. Letzteres ist bei den im Gebrauch oft vorkommenden Wechselbeanspruchungen besonders wichtig.

In der Tabelle 3.4 sind sowohl für Baumwolle als auch für Hanf verschiedene, aus der Literatur entnommene, werkstoffkundliche Werte aufgeführt.

	Baumwolle	Hanf (Elementarfaser)
Dichte [g/cm^3]	1,52	1,47
Feuchteaufnahme [%] (65 % rel. Luftfeuchte, 20°)	8,0 (roh) 11,0 (merc.)	10,5 (roh) 8,5 (Flockenhanf)
Faserlänge [mm]	15 - 56	5 - 55
Zellendurchmesser [μm]	12 -25	10 - 51
Faserfeinheit [tex]	0,1 - 0,37	0,3 - 2,2
Höchstzugspannung (trocken) [N/mm^2]	220 - 830	780 - 910
Höchstzugkraft (trocken) [N/tex]	0,15 - 0,55	0,53 - 0,62
Naß–Höchstzugkraftverhältnis [% der Trocken–HZK]	100 - 120	102 - 106
Modul [kN/mm^2]	4,5 - 11	12,7
Höchstzugkraftdehnung (trocken) [%]	6 - 10	3 - 4
Höchstzugkraftdehnung (naß) [%]	7 - 11	4 - 5
guter Jahresertrag $\left[\frac{\text{kg ges. Faser}}{\text{ha}\cdot\text{a}}\right]$	800 - 1000	3000

Tabelle 3.4: Stoffwerte für Baumwolle und Hanf. *Quelle:* [28, 10], eigene Umrechnungen

Es sind darin sowohl feinheits– sowie querschnittsbezogene Höchstzugkräfte bzw. –spannungen als auch die zugehörigen Höchstzugkraftdehnungen angegeben. Diese Werte weichen erheblich von der *theoretischen Festigkeit* ab, die vom gleichmäßigen Tragen aller Hauptvalenzbindungen innerhalb der Faser ausgeht. Für Zellulose ergäbe sich dabei eine theoretische Festigkeit von 8000 N/mm^2 [10]. In der Praxis sind aber die Hauptvalenzen nicht für die Festigkeit entscheidend. Vielmehr werden bei Zugbeanspruchung die Kräfte über Nebenvalenzbindungen zwischen den Kettenmolekülen übertragen, was zu einer ungleichmäßigen Beanspruchung der Hauptvalenzen führt. Im Idealfall des kristallinen Grades (s. Seite 35) von 100 %, d. h. der ideal parallelen Lage der Ketten, ist ein rechnerischer Widerstand von 2000 N/mm^2 gegen das Abgleiten der Ketten zu erwarten. Real ist bei Zellulose aber ein kristalliner Grad von 70 Prozent, damit liegt ein Zweiphasensystem vor, welches maximal 800 N/mm^2 erträgt [10].

Bei der Angabe der Dichte ist zu beachten, daß diese durch wechselnde Luftfeuchte (normal: $\varphi = 65$ %) oder durch nachfolgende Veredelung der Faser noch ansteigen kann.

Scheuerbeständigkeit

Das Scheuern einer Faser beinhaltet eine Reihe von unterschiedlichen Beanspruchungen: Das Material wird gerieben, gedreht, gestaucht, gequetscht, gebogen und tordiert. Für jede dieser Beanspruchungen gibt es eigene Meßverfahren, um die entsprechenden Eigenschaften der Fasern zu testen und miteinander vergleichen zu können. Zusammengefaßt werden diese Beanspruchungen in der *Schlingenscheuerung*, bei der neben Längsscheuerung auch statischer bzw. dynamischer Zug sowie Biegebeanspruchung geprüft werden.

Chemiefasern sind grundsätzlich scheuerbeständiger als natürliche Fasern. Gemessen an der Scheuerfestigkeit von Polyamid (= 100 %) weist Baumwolle nur eine relative Beständigkeit von 16 – 44 % auf. Entsprechende Werte für Hanf wurden in der Literatur nicht gefunden, werden aufgrund des vergleichbaren Aufbaus der Faser als ähnlich angenommen.

Die Scheuerbeständigkeit einer Faser bzw. des aus ihr gefertigten Flächengebildes ist von Umgebungseinflüssen wie der Temperatur, der relativen Luftfeuchte, dem Lichteinfall und dem allgemeinen Wettereinfluß abhängig. Bei niedriger Temperatur kann das Material beispielsweise spröder sein als bei hoher Temperatur. Andererseits können „Abrieb und Festigkeitsverlust sowohl mit steigender Prüftemperatur als auch mit steigender Luftfeuchte zunehmen“ [10]. Der Einfall von kurzwelligem (energiereichem) Licht vermag chemische Bindungen in der Faser aufzubrechen und so ein Absinken des durchschnittlichen Polymerisationsgrades zu bewirken. Versprödung der Faser und damit ein Verlust an Scheuerbeständigkeit sind die Folgen.

3.4.5 Hygienische Eigenschaften

Aus einer Reihe der vorgenannten technologischen Eigenschaften leiten sich die hygienischen Eigenschaften des Materials ab. Mit sinkender Faserdicke, also zunehmender Feinheit, wird der effektive Schmutzanteil (Schmutzmasse/ Fasermasse) größer, d. h. die Anschmutzbarkeit nimmt zu. Gleichwohl nehmen kreisförmige Fasern wegen der kleineren spezifischen Oberfläche weniger Schmutz auf als solche mit unregelmäßigem Querschnitt. Mit steigender Gesamtoberfläche (innere und äußere) einer Faser wächst ihre Fähigkeit zur Feuchteaufnahme und damit ihre Eignung, Schweiß aufzunehmen und durch Kapillartransport abzuleiten.

Aufgrund ihrer Fasergeometrien sind Baumwollfasern leichter anschmutzbar als solche aus Hanf. Diese weisen eine größere Feuchteaufnahme als die Fasern der Baumwolle auf.

Unter dem Gesichtspunkt der Faserreißfestigkeit ist eine möglichst feine Faser anzustreben. Diese nimmt aber mehr Schmutz auf als eine dickere Faser. Für die Verspinnbarkeit sind unregelmäßige Faserquerschnitte wegen des besseren Zusammenhaltes der Einzelfasern geeigneter als runde, die aber wiederum weniger Schmutz aufnehmen. Der Textilproduzent muß daher die zum Teil

gegensätzlichen Eigenschaftenverläufe abwägen und die vorhandenen Fasereigenschaften durch eine entsprechende Ausrüstung optimieren.

3.4.6 Reinigungsfähigkeit

Die Reinigungsfähigkeit von Fasern ist von denselben Parametern abhängig, die auch die Anschmutzbarkeit ausmachen, da die Reinigung den reversiblen Ablauf dazu darstellt.

Die Haftung fester Körper aneinander ist ein komplexer Vorgang, der durch die Faktoren

- Art und Größe der Wechselwirkungskräfte an der Kontaktfläche,
- Gegenwart von Haftvermittlern, Hilfsmitteln etc. zur Verringerung der Grenzflächenkräfte,
- Diffusion der Haftpartner ineinander,
- Geometrie der Haftfläche und
- Härte der Oberflächenregion

stark beeinflußt wird. Für Pigmentschmutz zum Beispiel, hängt die *Dispersionswechselwirkungsenergie* von der Anzahl Teilchen pro Volumeneinheit Faser ab. Poröse Fasern zeigen daher weniger Anschmutzungsneigung als kompakte. Diese Neigung ist von den Wechselwirkungskräften zwischen Faseroberfläche und Schmutzpartikel bestimmt, die sowohl polare als auch Dispersionskräfte sein können [10]. Für die beiden untersuchten Fasern gilt damit, daß Hanf weniger Schmutz annimmt und besser zu reinigen ist als Baumwolle.

Zur Vermeidung bzw. Verminderung der Anschmutzungsneigung sind grundsätzlich mehrere Möglichkeiten gegeben. Neben der Steigerung der Porösität, dem Einführen von unpolaren bzw. dem Abtrag von polaren Molekülgruppen können auch stark adsorbierende Substanzen auf die Faseroberfläche aufgebracht werden. Diese Fähigkeit zur Verringerung der Anschmutzungsneigung läßt sich mit der Thermodynamik chemischer Reaktionen leicht erklären [10]. Das Reaktionsgleichgewicht zwischen Faseroberfläche A, Schmutzpartikel S und dem Hilfsmittel H wird um so mehr auf der rechten Seite der Gleichung liegen, je fester der Hilfsstoff an der Faser oder dem Partikel anhaftet.

$$\mathrm{AS} + 2\mathrm{H} \rightleftharpoons \mathrm{AH} + \mathrm{SH} \tag{3.1}$$

Diese Gleichung gilt somit entsprechend auch für den Reinigungsprozeß, bei dem die Schmutzverdrängung durch Adsorption von Wasser oder Waschsubstanzen am Textil bzw. Schmutz stattfindet.

Die wiederholte Einwirkung von warmem Wasser und die darin enthaltenen härtebildenden Salze und Waschmittel sowie die mechanische Beanspruchung

durch den Waschvorgang führen zu einer Alterung der Textilien. Diese äußert sich in der Verringerung des Durchschnittspolymerisationsgrades, der Faserfestigkeit und der Hygroskopizität. Außerdem kommt es zu Griffverhärtung, Vergrauung, Faserinkrustierungen und anderen Erscheinungen [10].

3.4.7 Aufbau von pflanzlichen Textilfasern

Die Faserpflanzen Baumwolle und Hanf liefern ihre Fasern zum einen aus den Samenhaaren der Pflanze (Baumwolle) und zum anderen aus dem Bast der Stengel (Hanf). Beiden gemeinsam ist jedoch die chemische Grundstruktur der Faser, die Zellulose. Diese stellt ein Kettenmolekül dar, deren kleinste Einheit ein Glukose-Molekül ($C_6H_{12}O_5$) ist (s. Abb.3.3).

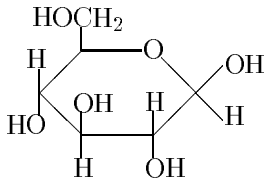

Abbildung 3.3: beta-D-Glukose

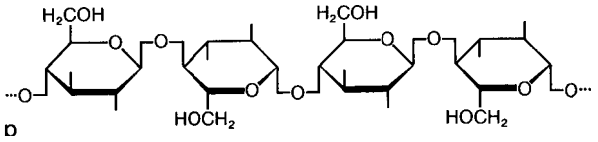

Abbildung 3.4: Ausschnitt eines Zellulosemoleküls

Die einzelnen Glukose-Moleküle sind gegeneinander um 180° gedreht, sodaß die Ebene der Sauerstoffbrücke zum Kettenmolekül regelmäßig wechselt (s. Abb. 3.4). Dadurch bildet sich eine gestreckte und unverzweigte Molekülkette, welche sich mit weiteren Ketten zusammenlagern kann. Die dafür maßgeblichen Wechselbeziehungen sind Wasserstoffbrücken zwischen den Hydroxlygruppen der Glukose. Der durchschnittliche Polymerisationsgrad von Zellulose beträgt 3000–7000, d. h. diese Zahl Zelluloseketten lagern sich zu einem Polymer zusammen. Bei diesen räumlichen Anlagerungen spricht man von kristallinen Strukturen, da die Kettenmoleküle sich in einer ideal-räumlich-dreidimensionalen Anordnung befinden. Die kleinste dieser kristallinen Einheiten wird *Elementarzelle* genannt. An anderen Stellen können die Ketten weniger geordnet vorliegen. Ein Zustand, der als amorph bezeichnet wird. Das Verhältnis zwischen kristallinem und amorphem Anteil einer Polymerstruktur heißt *kristalliner Grad*, der bei Zellulose 70 % beträgt [10].

Die Zelluloseketten werden in eine verformbare Matrix aus Pektinen und Hemizellulose eingebaut. Aus etwa zwanzig Elementarzellen sind die *Mikrofibrillen* zusammengesetzt, die die Grundbausteine für die Pflanzenzellen darstellen. Neben der regulären Längsanordnung der Elementarzellen ist auch ein seitliches Herausragen einzelner Zellen möglich, das zum Verhaken mit anderen Zellen führt und ein sogenanntes Makromolekülgitter bildet [30].

Während des Wachstums der Pflanze bildet sich zunächst eine Primärwand, deren Fibrillen eine Netzstruktur aufweisen und daher eine Dehnung der ersten Wandschicht ermöglichen. Sobald das Längenwachstum abgeschlossen ist,

wird eine Sekundärwand aufgelagert, die sich durch eine höhere Packungsdichte an Fibrillen auszeichnet. Physikalische und chemische Eigenschaften der späteren Faser werden weitgehend durch Zusammensetzung und Aufbau der Sekundärzellwand bestimmt.

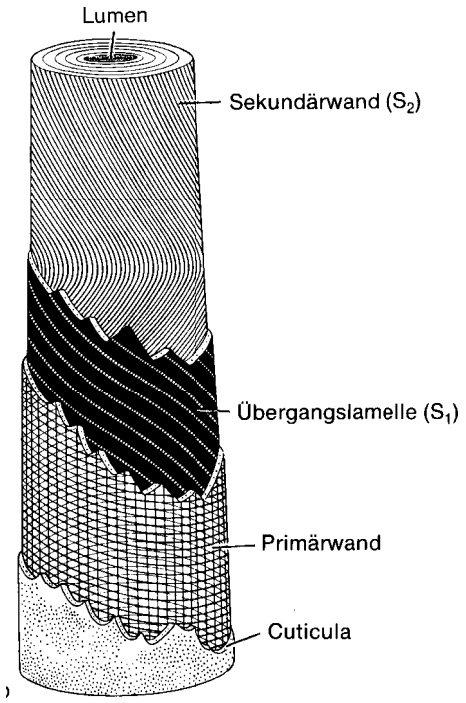

Abbildung 3.5: Schemazeichnung: Aufbau des Baumwollhaares. Dicke Sekundärwand mit mehreren Lamellen
Quelle: [29]

3.5 Allgemeine Bedeutung der Rohstoffpflanzen

Historisch gesehen waren nachwachsende Rohstoffpflanzen in der vorindustriellen Zeit generell zur Gewinnung von Ausgangsprodukten für alle Lebensbereiche angepflanzt worden. Dies umfaßte sowohl den Anbau von Nahrungsmitteln, die Gewinnung von Heilmitteln und Arzneien als auch die Nutzung als Baustoff. Seit dem Beginn des industriellen Zeitalters aber verlagerte sich das Interesse an pflanzlichen Rohstoffen auf die Nahrungsmittelproduktion.

Je mehr die Petrochemie an Bedeutung gewann, desto weiter sank die Nachfrage nach Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen. Die industriell gefertigten Produkte waren billiger, als die in lohnintensiver Handarbeit gewonnenen Agrarerzeugnisse. Es wurden daher weniger Tiere zur Bestellung von Äckern benötigt. Vorher für die Futtermittelproduktion genutzte Flächen gingen in die Nahrungsmittelproduktion. Die Züchtung ertragreicherer Sorten und der Einsatz des neuen synthetischen Düngers führten zu flächenbezogenen Ertragssteigerungen [31].

Nach dem zweiten Weltkrieg war in der Zeit des Wiederaufbaus die Versorgung der Bevölkerung mit Lebensmitteln vorrangig. Die schnelle Entwicklung der Nahrungsmittelerzeugung hatte in den ersten Gründungsjahren der Europäischen Gemeinschaft (EG) politische Befürworter, da für die stark wachsende Bevölkerung mehr Lebensmitteln benötigte und in der Zeit des kalten Krieges eine Sicherungsfunktion für Krisensituationen gewünscht wurde. Gleichzeitig fand eine Orientierung der Agrarpolitik auf einen Agrarprotektionismus hin statt, der sich in der Stützung der Inlandspreise und einem Schutz des Außenhandels äußerte [31].

Nach und nach führte die zunehmende Überproduktion zu steigenden Belastungen der öffentlichen Haushalte durch Interventions– und Subventionskosten. Der darauf folgende Subventionsabbau führte dazu, daß Flächen für den Nahrungsmittelanbau stillgelegt wurden (1991–92 etwa 800.000 ha in der BRD [28]) und die Landwirte Prämien für jeden aus der Produktion genommenen Hektar Land erhielten. Es wurde darüber hinaus die intensivere Forschung und Entwicklung im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe gefordert, um der Landwirtschaft alternative Verwendungszwecke für das Brachland bieten zu können [31].

Parallel wurde wegen der Ölpreisschübe von 1973 und 1979 verstärkt über die Verteuerung fossiler Energieträger, deren absehbarer Endlichkeit und ihrer schwerpunktmäßigen Verteilung über die Erde diskutiert. Gerade wegen des letztgenannten Umstandes und der daraus erwachsenden potentiellen politischen und wirtschaftlichen Abhängigkeit von den Erzeugerstaaten, kamen Fragen nach einer stabilen und gesicherten Energieversorung auf [31].

Die chemische Industrie bekundet seitdem zunehmendes Interesse an nachwachsenden Rohstoffen aus heimischer Produktion bzw. aus der innerhalb der EG. Sie deckt derzeit etwa 10 % ihres Bedarfes an organischen Rohstoffen aus Pflanzen, wobei hiervon 90 % aus Übersee importiert werden. In der Belieferung

der chemischen Industrie mit organischen Rohstoffen liegt daher eine neue Absatzmöglichkeit für heimische Agrarerzeugnisse [31, 32].

Die Gründe für das gestiegene Interesse der chemischen Industrie an nachwachsenden Rohstoffen mögen Standort– und Arbeitsplatzsicherungsmaßnahmen sowie die zunehmende Entsorgungsproblematik um Produkte auf petrochemischer Basis sein. Hier seien besonders die Kunststoffe genannt, für die lange Zeit keine geeigneten Trennverfahren aus dem Abfallstrom bestanden und die deshalb lediglich der energetischen Verwertung zugeführt werden konnten [28]. Dieser nur z. T. noch bestehende Umstand ist einer von vielen Kritikpunkten an der Nutzung petrochemischer Produkte, die von Gruppen der Umweltbewegung und immer weiteren Teilen der Bevölkerung geäußert werden [15].

Die biologische Grundlage für die Regenerierbarkeit der Rohstoffpflanzen ist die Photosysthese. Obwohl der energetische Wirkungsgrad dieses Prozesses nur bei 0,13 % (in Ausnahmen auch bei 5 - 6 %) liegt, ist er doch für die gesamte Primärproduktion verantwortlich: 99,9 % der gesamten organischen Substanz auf der Erde ist pflanzlicher Natur [33].

Für die Nutzung durch den Menschen ist von Nachteil, daß die Eigenschaften der Rohstoffpflanzen bzw. die aus ihnen gewonnenen Produkt andere Materialien bisher nur teilweise oder schlechter ersetzen können. Allerdings ist seit dem Aufkommen der synthetischen Fasern die werkstoffkundliche Forschung und Entwicklung an natürlichen Rohstoffen unterblieben. Wegen der zum damaligen Zeitpunkt ungeahnten Möglichkeiten, die die neuen Werkstoffe boten, gerieten die traditionellen Stoffe allmählich in Vergessenheit. Dabei treten ihre, für die heutigen Umweltprobleme relevanten Eigenschaften, schnell zutage: Bleiben die genutzten Pflanzenbestandteile in dem fertigen Produkt weitgehend unverändert in ihrer Struktur, können sie nach der Nutzung meistens unkompliziert durch z. B. Kompostierung[12] entsorgt werden [34].

Unterschieden werden Rohstoffpflanzen in *Energie-* und *Industriepflanzen*. Bei ersteren dient die gesamte Pflanze oder auch nur Teile von ihr nach Durchlaufen mehrerer Konversionsschritte (Auspressen, Vergären, Verbrennen etc.) der Energiegewinnung. Aus Industriepflanzen werden die gewünschten Substanzen oder Fasern aus der Erntemasse oder dem Pflanzengewebe herausgelöst und dienen als Grundstoff für weitere Produkte. Es sind aber durchaus Pflanzen sowohl als Energie- als auch als Industriepflanze nutzbar, z. B. Hanf, Raps o. ä. [31]. Ebenso ist die Nutzung von Pflanzenresten oder -abfällen aus anderen Produktionslinien, z. B. in Form von Biogasgewinnung, möglich.

Trotz aller genannten Vorteile von Rohstoffpflanzen sind die aus ihnen gewonnenen Produkte nicht a priori umweltverträglich. Häufig kann die zur Deckung eines bestimmten Bedarfes nötige Trockenmasse der betreffenden Pflanze nur durch den Anbau in Monokulturen erzeugt werden. Um den erforderlichen Ertrag zu gewährleisten, werden Kunstdünger eingesetzt, die ihrerseits in der

[12] Es ist z. Zt. noch nicht ausreichend untersucht, welchen Einfluß die bei anaerober Zersetzung entstehenden Gase auf den Treibhauseffekt haben. Da das dabei entstehende Methan den Treibhauseffekt stärker begünstigt als Kohlendioxid, wird unter Umständen eine energetische Verwertung durch Verbrennung sinnvoller als die Kompostierung [13].

Produktion wertvolle Ressourcen benötigen und zum Teil erhebliche ökologische Folgen haben (Distickstoff–Emissionen). Die Selbstverträglichkeit der Monokulturpflanze ist meistens wegen der Züchtung auf Maximalertrag nicht hoch. Anstatt eine Fruchtfolge einzurichten, wird um des Ertrages willen die Pflanze dennoch auf der gleichen Fläche wieder angebaut. Daraus erwächst wiederum die Notwendigkeit des Dünger– und Pestizideinsatzes mit allen genannten Nachteilen.

3.5.1 Bedeutung der Faserpflanzen

Vermutlich schon in der frühesten Menschheitsgeschichte wurden Felle und Bastgeflechte zu Kleidungszwecken benutzt. Die älteste kultivierte Faserpflanze ist der Flachs (Lein), dessen Anbau bis 4000 Jahre v. Chr. in Mesopotamien belegt werden kann [33]. Die Ägypter bezeichneten es 3000 Jahre v. Chr. als „gewebtes Mondlicht“. Seiner hellen Farbe wegen stellte Leinenkleidung ein Symbol göttlicher Reinheit dar und wurde daher mit Vorliebe von Priestern zu feierlichen Anlässen getragen [30].

Von den etwa 2000 bekannten jemals genutzten Pflanzenarten werden heute nur noch wenige vom Menschen zur Fasergewinnung angebaut: Baumwolle, Jute, Hanf, Sisal und Flachs sind die wichtigsten. Trotz dieses Rückganges in der Zahl der Nutzpflanzen zugunsten der rasanten Zunahme von Fasern aus Chemieproduktion, decken Pflanzenfasern heute immer noch den größeren Teil des Bedarfes ab. Der Jahresproduktion (1990) von 19 Millionen Tonnen Baumwollfaser stehen 19,34 Millionen Tonnen Chemiefasern gegenüber [11]. Zusammen mit den restlichen Fasern pflanzlicher, tierischer und mineralischer Herkunft werden etwas mehr Naturfasern als Chemiefasern produziert.

Je nach Typ finden unterschiedliche Pflanzenteile Verwendung in der Fasergewinnung [33]:

- Pflanzenhaare
  (Samenhaare der Baumwolle, Fruchthaare des Kapokbaumes)
- Stengelfasern zweikeimblättriger Pflanzen (Weichfasern)
  Flachs (Leinen), Chinagras (Ramie), Hanf, Jute, Kenaf
- Blattfasern einkeimblättriger Pflanzen (Hartfasern)
  Sisal, Manilahanf
- Bast
  Linde, Raphiapalme, Weide
- Flechtmaterial
  Kokos, Peddigrohr, Halfa, usw.

3.6 Baumwolle (*Gossypium*)

3.6.1 Botanik der Baumwollpflanze

Die Baumwolle ist eine staudenförmige Gefäßpflanze (*Cormophyta*) aus der Abteilung der Samenpflanzen (*Spermatophyta*), Unterabteilung Decksamer (*Angiospermae*) in der Klasse der Zweikeimblättrigen (*Dicotyledoneae*), Ordnung der Malvengewächse (*Malvales*) [29]. Es gibt mehrere *Gossypium*–Arten: Die heute benutzten Kultursorten sind durch Kreuzungen bzw. Züchtungen aus *Gossypium herbaceum* und *Gossypium arboreum* mit jeweils 26 Chromosomen sowie *Gossypium hirsutum* und *Gossypium vitifolium* mit jeweils 52 Chromosomen hervorgegangen [33].

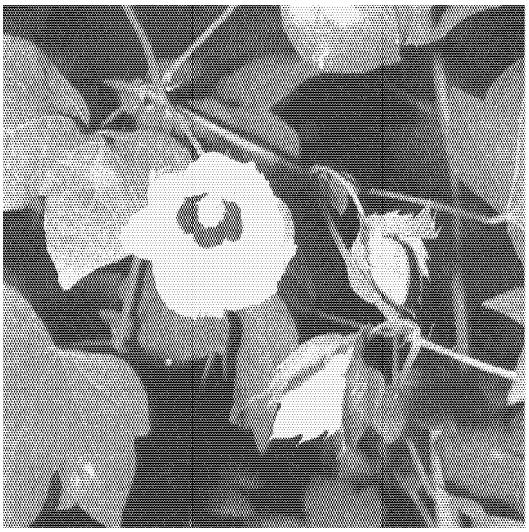

Abbildung 3.6: Blüte einer Baumwollpflanze. *Quelle:* [33]

Ursprünglich wurde die **Baum**wolle von einem in den Tropen bis zu sechs Meter hoch wachsenden Baum gewonnen. In jüngerer Zeit wird die Baumwolle nur als einjährige Pflanze kultiviert, die ungefähr eineinhalb bis zwei Meter hoch wird. Ausnahmen finden sich vor allem in Peru und Nordbrasilien, wo noch bis zu 15 Jahre alte Baumwollpflanzen auf den Plantagen wachsen [12].

In den Blattachseln der handförmig geteilten oder gelappten Blätter sitzen eine oder mehrere kurzstielige Blüten. Ihre Farbe ist hellgelb mit rotem Grund, manchmal auch weiß, rötlich oder purpur. Die Bestäubung findet durch Insekten oder Verbreitung der Pollen durch den Wind statt. Nach der Blüte bilden sich drei bis fünf längliche Fruchtkapseln aus, die je 3–8 schwärzliche, eiförmige Samen von Erbsengröße besitzen.

Die Besonderheit der Samenschalen sind die Ausstülpungen der Epidermis, die später zu den langen Samenhaaren heranwachsen – der Baumwolle. Nach Beendigung ihres Längenwachstums sind die Haare 25–60 mm lang und beginnen sich durch weitere Zellwandablagerungen zu verdicken.

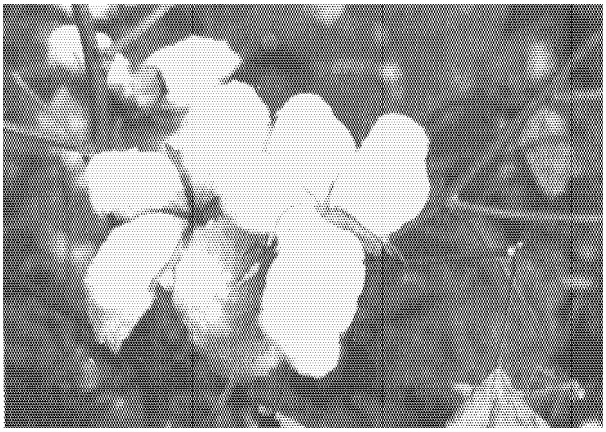

Abbildung 3.7: Baumwollpflanze mit reifen Früchten. Samenhaare quellen aus den Fruchtkapseln hervor. *Quelle:* [35]

Durch die äußeren Abmessungen der Primärwand ist eine Verdickung der Zellwand nur nach innen, unter Abnahme des *Lumens*, möglich. Die zellulosereiche Sekundärwand ist wesentlich fester als die Primärwand, da sie wesentlich mehr Gerüstsubstanz enthält und die steiferen Füllstoffe besitzt. Die gallertigen Pektine der Primärwand sind durch Hemizellulosen ersetzt, welche die Gerüstfibrillen relativ fest aneinander binden. Diese Sekundärwandbildung findet im Tagesrhythmus statt und läßt sich im Querschnitt nachweisen, ähnlich den Jahresringen bei Holzgewächsen. Tagsüber werden zellulosereiche und nachts zellulosearme Lamellen gebildet. Wird die Pflanze Dauerlicht ausgesetzt, unterbleibt die Lamellenbildung. In jeder Lamelle sind die Mikrofibrillen in einem charakteristischem Winkel zur Faserlängsache ausgerichtet. Die dadurch entstehende Schraubenstruktur verleiht der Faser neben der hohen Zugfestigkeit eine elastische Dehnung bis zu zwei Prozent. Je nach Sorte und äußeren Bedingungen können die Haare aus 20–30 dieser Lamellen bestehen [33].

Sobald die Samen reif sind, springen die Kapseln auf und es quellen zwischen 1200–7600 Einzelfasern von etwa 10–40 μm Dicke aus jeder Kapsel hervor (s. Abb. 3.7). Die Haare sterben ab, bleiben aber an der Fruchtkapselwand haften und werden erst beim Pflücken abgelöst.

Sie haben dann eine flache bandförmige Form mit unregelmäßigen Verwindungen und ein, sich über die ganze Faserlänge erstreckendes Lumen. Diese flache Form und die spiralartige Verdrehung der Faser sind die Gründe für die guten Spinneigenschaften der Baumwolle (s. a. Kap. 3.4) [30]. Die Abbildung 3.2 zeigt Baumwollhaare im Längsbild in einer Rasterelektronenmikroskop-(REM)-Aufnahme.

Die Oberflächenbeschaffenheit und der Querschnitt können in speziellen Behandlungsverfahren (z. B. Mercerisieren) verändert und den Anforderungen der Textilindustrie angepaßt werden.

Lange Fasern liefern sehr feine Spinnfäden und werden als „langstapelige“ Sorten bezeichnet. Die Einteilung der Sorten in Stapellänge erfolgt in

- kurzstapelig, bis 25 mm
- mittelstapelig, 25–35 mm
- langstapelig, länger als 35 mm.

Es gibt besondere Züchtungen auf Langstapeligkeit, die bis zu 50 mm Faserlänge aufweisen. Diese Sorten sind vornehmlich aus *Gossypium vitifolium* hervorgegangen und liefern die berühmte „Sea–Island"–Baumwolle oder die sehr gefragte ägyptische „Mako".

Neben den langen Samenhaaren, auch *Lint* genannt, besitzen die Samen noch einen Flaum aus kurzen, nicht spinnbaren Haaren, dem *Linters*. Bei der Entkernung fallen, bezogen auf das Gewicht der Frucht, 60 % Samen, 35 % Lint und 5 % Linters an [33]. Die chemische Analyse des Lint ergibt folgende Zusammensetzung [28]:

- 82,7 % Zellulose,
- 5,7 % Pektine,
- 1 % wasserlösliche Substanzen und
- 0,6 % Fette und Wachse.

Der hohe Zellulosegehalt spiegelt den auch in Abb. 3.5 erkennbaren großen Anteil wider, den die Sekundärwand am gesamten Baumwollhaar hat. Anders als beim Hanf ist in dem Samenhaar keinerlei Lignin enthalten. Die Faser ist also nicht verholzt und schon von Natur aus weicher als die des Hanfes.

Die Baumwolle ist die mit Abstand am meisten von Schädlingen befallene Kulturpflanze. Bis zu 50 % der Welternte werden jährlich durch Parasiten und Krankheiten vernichtet. Im konventionellen Baumwollanbau ist daher der Einsatz von Pestiziden nicht mehr wegzudenken. Je nach Größe der in Monokultur bewirtschafteten Felder und den in der Region vorherrschenden Schädlingen werden 20–25 Behandlungen pro Vegetationsperiode vorgenommen.

Den weltweit wertmäßig größten Schaden verursachen die Kapselraupen. Auf ägyptischen Feldern sind die Baumwollraupen gefürchtet, die vier Generationen während des sechsmonatigen Pflanzenwachstums ausbilden und mit bis zu sieben Spritzungen bekämpft werden. In Amerika hingegen sind die Kapselkäfer die größten Schädlinge und im tropischen Afrika sind es die Blattwanzen. Diese vier Schädlinge verursachen die meisten Ernteeinbußen, zusätzlich sind aber überall auch Blattläuse, Thrips, Rote Spinnen, Blattflöhe und Zikaden vertreten, um nur die wichtigsten zu nennen.

Zum Einsatz gegen die Insekten kommen heute vorwiegend Pestizide aus der Organophosphor-Klasse wie z. B. Parathion, Malathion, Amitraz, Diazinon, Quinalphos und andere [12].

Organophosphate werden als Kontakt–, Fraß– und Atemgifte mit systemischer und nicht–systemischer Wirkung eingesetzt. Hauptsächlich werden das Herz, die Lunge sowie der Magen–Darm–Trakt geschädigt. Die Toxizität beruht auf der irreversiblen Hemmung des Enzyms Acetylcholinesterase [36], welches im Nervensystem für die Reizweiterleitung verantwortlich ist. Aufgrund der Hemmung kommt es zu Übererregungen des Nervensystemes, (Atem–) Lähmungen und zur Überschwemmung des Körpers mit dem toxischen Acetylcholin [37]. Bei vielen Vertretern dieser Stoffklasse ist die akute Toxizität nicht sehr hoch. Jedoch haben fast alle Organophosphate ein großes Persistenzpotential, d. h. sie lagern sich im Körper an und werden dort angereichert. Im Boden werden sie nicht schnell abgebaut, wie lange Zeit vermutet wurde, sondern mehr oder weniger fest in Verbindungen abgelagert [38].

Bei dem derzeitigen massiven Gebrauch dieser Mittel ist die schon früher beobachtete Resistenzbildung der Schädlinge mittelfristig absehbar. Ihre Bekämpfung mit Organophosphaten wird dann unmöglich sein.

3.6.2 Ökologische Standortansprüche der Baumwolle

Die Baumwolle benötigt für ihr Wachstum möglichst feuchte Böden in einem heißem Klima mit mindestens 200 frostfreien Tagen. Die Entwicklung der Pflanze zwischen Aussaat und Ernte dauert etwa vier bis sechs Monate. Zur Aussaat sollte die Bodentemperatur 18° Celsius nicht unterschreiten [33], während die Keimtemperatur mit 30° angegeben wird [39]. Im ersten Abschnitt der Vegetationsperiode wird reichlich Feuchte durch Niederschläge oder künstliche Bewässerung benötigt. Je nachdem, ob die Baumwolle im Trockenfeld- oder Bewässerungsanbau kultiviert wird, liegt der Wasserverbrauch bei 7 m^3 für ein Kilogramm Rohbaumwolle bzw. bei 29 m^3/kg [11]. Im weiteren Vegetationsverlauf soll zur Reife- und Erntezeit möglichst Trockenheit vorherrschen, da die Faserqualität erheblich sinken kann, wenn nach Öffnung der Fruchtkapsel Niederschläge auf die Pflanzen fallen.

Bei dem zumeist intensiven Anbau von Baumwolle werden 80–120 kg Stickstoff/ha sowie 20–40 kg Phosphorpentoxid/ha an Mineraldünger eingesetzt. In den semi-ariden Anbaugebieten wird auf eine Kali-Düngung meistens verzichtet [11].

Der Hektarertrag an Faser wird mit 800–1000 kg/ha angegeben. Dabei ist zu beachten, daß nur 42 % der geernteten Trockenmasse auch für die Textilherstellung geeignete Rohbaumwolle ist [21, 11].

Baumwolle ist mit sich selbst unverträglich, spätestens im dritten Jahr ist der Anbau aufgrund von Ertragsdepression unrentabel, selbst bei hohen Düngergaben und mehrmaligem Spritzen [21].

Die Gebiete auf der Erde wo die klimatischen Bedingungen für den Baumwollanbau erfüllt sind, liegen vornehmlich zwischen dem 35. Grad südlicher und dem 45. Grad nördlicher Breite. In diesem „Baumwollgürtel“ [16] liegen denn auch die wichtigsten Länder des Baumwollanbaus bzw. -exportes: China, die USA, GUS und Indien. Weitere Anbaugebiete liegen in Mexiko, Ägypten, dem Sudan und der Türkei.

3.6.3 Sozio-ökonomische Zusammenhänge im Baumwollanbau

Die Baumwolle ist eine sehr alte Kulturpflanze, die in China schon 3800 Jahre v. Chr. angebaut wurde. Im Abendland fand die Baumwolle erst im 13. Jahrhundert durch die Araber Verbreitung, vor allem in Spanien und Sizilien. Kurz darauf entwickelte sich Venedig zum Handelszentrum für Baumwolle und ab dem 14. Jahrhundert wurde sie auch in Deutschland verarbeitet. In der alten Leinenweberstadt Augsburg hatten hauptsächlich Kaufleute die quasi-industrielle Fertigung in die Hand genommen, weil die häuslich-handwerkliche Verarbeitung durch die Zünfte erfolgte und strengen Bindungen unterlag.

Durch die Entdeckung Amerikas wurden neben neuen Rohstoffquellen auch riesige Anbauflächen erschlossen, die sich durch ein Klima auszeichneten, das für den Baumwollanbau vorteilhaft ist. In der neuen Welt waren schon wilde Baumwollpflanzen heimisch, so daß sich eine Baumwollindustrie rasch entwickeln

konnte. Aufgrund der harten Arbeit und des für weiße Europäer ungewohnten Klimas fanden sich bald immer weniger Arbeiter, die für den relativ geringen Lohn auf den Baumwollplantagen arbeiten wollten. Deshalb wurden schwarze Sklaven aus Afrika entführt („schwarzes Gold“) und zur Arbeit gepreßt.

In Europa kam es, begünstigt durch den dreißigjährigen Krieg, zur Ablösung von Augsburg als der führenden Verarbeitungsstätte. Die englische und flandrische Textilindustrie waren fortan führend in der Baumwollverarbeitung. Mit der Gründung der englischen Ost-Indien-Kompanie wurden ständig größere Mengen an Rohbaumwolle und Halbware aus den Erzeugerländern bezogen. Wegen des großen Angebotes fiel der Preis stetig. Trotz der hohen Kosten für den Seetransport wurde so Englands heimische Flachs- und Schurwollindustrie langsam vom Markt verdrängt.

Der weitere Bedeutungsgewinn der Baumwolle war mit dem Voranschreiten der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert verknüpft:

1764 wurde die Spinnmaschine,

1784 der mechanische Webstuhl und

1794 die Entkörnungsmaschine für Baumwolle

erfunden. Diese Maschinen ermöglichten die industrielle Verarbeitung der Baumwolle und Fertigung von Textilien in Fabriken durch Ungelernte, Frauen und Kinder. Allmählich wurde den Webern in den Erzeugungsländern die Existenzgrundlage entzogen, da die industrielle Fertigung wirtschaftlicher als ihre Handarbeit war. In Indien stand das Spinnrad daher als Symbol der Eigenständigkeit im gewaltfreien Widerstand gegen die britischen Kolonialherren.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts hatte die Baumwolle dann einen Anteil von 75 Prozent am jährlichen Weltfaserverbrauch. Etwa ab Mitte der siebziger Jahre wurden die synthetisch erzeugten Fasern billiger als Naturfasern und die Anteile am Faserverbrauch verschoben sich zu ihren Gunsten.

Der Anbau der Baumwolle geschieht zum größten Teil in Entwicklungs- oder Schwellenländern. Die flächenmäßig größten Anbaugebiete liegen in Indien mit 7,8 Millionen Hektar, gefolgt von China mit 5,5 Mio. Hektar, den USA mit 4,8 Mio. sowie Brasilien und Peru mit jeweils 2,6 Mio. Hektar. Oftmals sind diese landwirtschaftlichen Flächen besser zur Erzeugung von Lebensmitteln geeignet. Vielfach sind die Böden aber auch schon derart verbraucht, daß nur noch Kunstdüngergaben überhaupt Pflanzen darauf gedeihen lassen.

In Ägypten, dem Sudan und dem Tschad stellt Baumwolle den wichtigsten Exportartikel dar. Für Pakistan, den Iran, die Türkei und Syrien ist sie die wichtigste Devisenquelle. Dort sind die Farmer immer wieder auf erfolgreiche Ernten angewiesen, meistens unter Einsatz aller verfügbaren Mittel. Die Agrarchemikalien müssen teuer aus den westlichen Industriestaaten eingekauft werden bzw. werden von westlichen Unternehmen vor Ort produziert. Da in den genannten Ländern in der Regel wesentlich weniger strenge Umweltgesetze

bestehen, wird in den Chemiewerken zur Erzeugung von Pflanzenbehandlungsmitteln meistens nicht der Sicherheitsstandard eingehalten, der im Westen einzuhalten wäre. Dies ist für die Betreiberfirmen von wirtschaftlichem Vorteil, kann aber im Störfall zur Katastrophe führen, wie der Unfall im Werk von Union Carbide im indischen Bhopal zeigte.

Die 32 Mio. Hektar, auf denen weltweit Baumwolle angebaut werden, entsprechen 0,8 % der landwirtschaftlich nutzbaren Anbaufläche der Erde. Auf ihnen werden 853.000 Tonnen (18 % des weltweiten Verbrauches/Jahr) Pflanzenbehandlungsmittel ausgebracht – dies entspricht 26 kg/ha pro Jahr. Laut einer Befragung mexikanischer Landwirte machten 1985 die Ausgaben für chemische Erzeugnisse zum Pflanzenschutz 47 % der gesamten Anbaukosten aus [16].

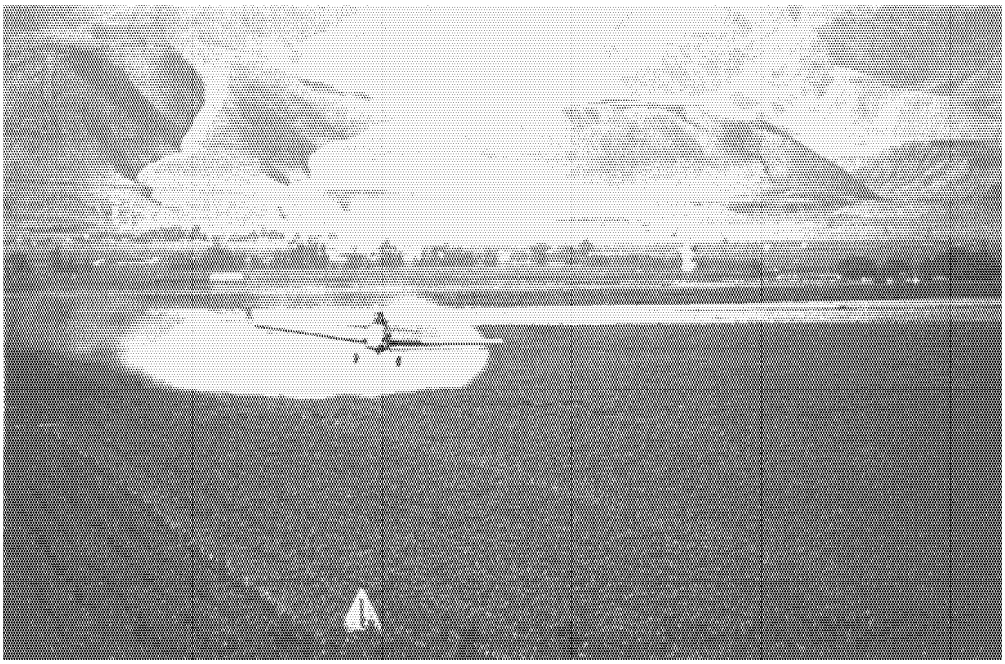

Abbildung 3.8: Pestizidausbringung auf einem konventionell angebauten Baumwollfeld in Kalifornien. *Quelle:* Zach Griffin/Patagonia

Bei einem unterstellten guten Jahresertrag von einer Tonne Baumwollfaser je Hektar Land (vgl. Tab. 3.4) könnten jährlich 32 Mio. Tonnen Rohbaumwolle produziert werden. Das *International Cotton Advisory Committee* (ICAC) gibt die 1995/96 produzierte Menge aber mit 19,2 Mio. Tonnen an. Bei einem derzeitigen (Dezember '95) Preis für Baumwolle von 2,60 DM/kg ergibt sich so ein Verlust von etwa 33,3 Mrd. DM pro Jahr, verursacht durch Schädlinge und Mißernten.

Um den ausländischen Betrieben wirtschaftlich attraktive Angebote unterbreiten zu können, sind die Arbeitsbedingungen in den Erzeugerländern, gemessen an westlichen Standards, häufig katastrophal. Die Regierungen vieler Länder haben Exportförderungszonen eingerichtet, in denen Löhne willkürlich festgelegt sind, keinerlei Arbeitsschutzmaßnahmen ergriffen werden und Gewerkschaften nicht existieren oder keine Handhabe haben. In der „Katunayake Free

Trade Zone“ auf Sri Lanka arbeiten 85.000 der insgesamt 400.000 Bekleidungsarbeiter an sechs Tagen in der Woche täglich zehn Stunden. Sie verdienen umgerechnet DM 75,- monatlich, haben keine Rechte und sind jederzeit fristlos kündbar. Viele der Arbeiter sind Kinder unter vierzehn Jahren [40]. Allein für die Baumwollkultivierung, ohne die anschließende Arbeitsschritte Entkernen, Schälen und Ölpressen, werden für Ägypten, Sudan, China, Indien und Pakistan zusammen etwa 10 Millionen Arbeitsplätze geschätzt. Diese Schätzung beruht auf der Annahme von 1500 benötigten Arbeitskraftstunden (Akh) pro Hektar im Bewässerungsanbau und jährlich 2200 Arbeitsstunden pro Arbeitsplatz. Die Löhne in der Primärproduktion in Indien und Pakistan liegen derzeit bei etwa DM 0,10 bis DM 0,15 je Stunde [11].

3.7 Hanf (*Cannabis sativa* L.)

3.7.1 Botanik der Hanfpflanze

Soweit nicht anders vermerkt, sind die folgenden Angaben aus der Studie des KATALYSE-Institutes [21] entnommen. Hanf bildet zusammen mit dem Hopfen die kleine Familie der *Cannabaceae*, die zur Ordnung der *Urticales* gehört und eng mit den Brennesselpflanzen verwandt ist. Genau wie die Baumwolle ist Hanf eine Gefäßpflanze, Abteilung Samenpflanze, Unterabteilung Decksamer aus der Klasse der Zweikeimblättrigen [29].

Hanf ist eine einjährige Pflanze, die lediglich einen Stengel ausbildet, der je nach Sorte und Standort bis zu fünf Meter hoch werden kann und mehr oder minder verzweigt ist [41].

Abbildung 3.9: Feld mit Hanf (*Cannabis sativa*).
Rechts blühende männliche, links weibliche Pflanzen.
Quelle: [33]

Die Hanfpflanze ist diözisch (zweihäusig). Die männliche Pflanze (Femelhanf) ist schwächer entwickelt als die weibliche, hat eine kleinere Wuchshöhe und reift früher. Die weibliche Pflanze (Hanfhenne) ist überdies verzweigter und dichter belaubt als die männliche Form (s. Abb. 3.9).

Häufig treten geschlechtliche Zwischenformen (Intersexe) auf, die erblich sind. Man kann dabei weibliche Wuchsformen mit weiblichen und männlichen Blüten (feminine Monözisten) bzw. mit ausschließlich männlichen Blüten (feminine

Männchen) und männliche Wuchsformen mit weiblichen und männlichen Blüten (maskuline Monözisten) bzw. ausschließlich weiblichen Blüten (maskuline Weibchen) unterscheiden.

Im Hinblick auf eine Ernteerleichterung wurden Versuche unternommen, monözische Sorten zu züchten [42]. Diese reifen gleichzeitig und können zum selben Zeitpunkt geerntet werden. Der Faserertrag ist demzufolge höher.

Hanf hat eine 30–40 cm lange spindelförmige Pfahlwurzel, die stark verholzt ist. Von ihr zweigen zahlreiche, teils sehr kräftige Seitenwurzeln ab, die bis zu 200 cm lang werden können und je nach Bodenbeschaffenheit zwischen 115 und 200 cm tief ins Erdreich langen. Dieses Wurzelsystem erscheint stark ausgebildet, ist aber im Verhältnis zu Ausmaß und Schnellwüchsigkeit der oberirdischen Pflanzenteile relativ schwach entwickelt.

Der mit Haaren besetzte Stengel ist grün, hat eine eckige Form und verholzt im Alter. Je nach Saatdichte kann er zwischen 6 und 60 mm Durchmesser haben [41, 21].

Im Phloem (Siebteil) entstehen durch primäres Wachstum 15–35 Faserbündel, die in ein bis zwei Reihen das Xylem (Holzteil) komplett umschließen. Diese primären Faserbündel durchziehen den gesamten Sproß, während die später wachsenden sekundären Bündel nur bis zur Stengelmitte reichen (s. Abb. 3.10).

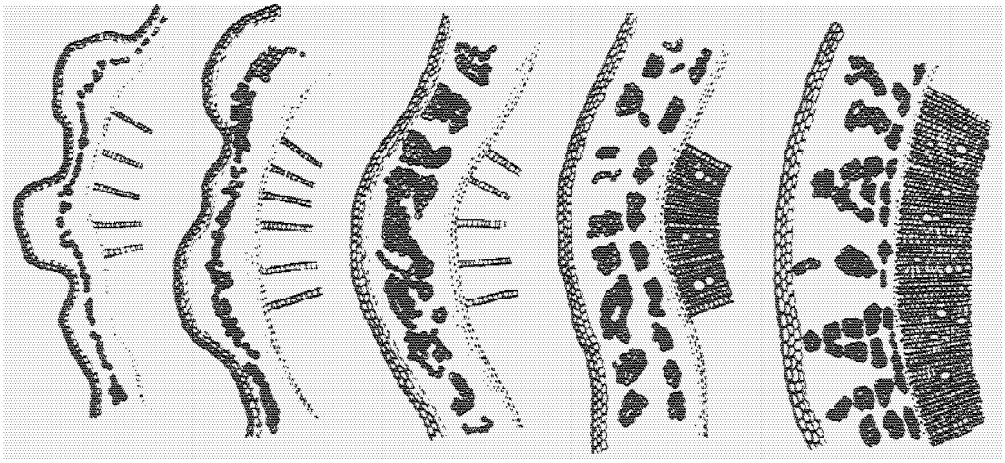

Abbildung 3.10: Hanf. Querschnitte durch den äußeren Teil des Stengels mit der faserhaltigen Rinde in verschiedener Höhe. Von links nach rechts: 1 Stengelspitze, 2 oberes Drittel, 3 Stengelmitte, 4 unteres Drittel, 5 Stengelbasis. Die dunkleren Gruppen sind Bündel von Einzelfasern. *Quelle:* [41]

Die Einzelfasern haften innerhalb der Bündel ziemlich fest zusammen. Je nach Art und Methode des Faseraufschlusses können so hochwertige feine oder grobe, aber sehr feste Fasern gewonnen werden [41]. Der Ertrag an hochwertiger Faser ($\geq$ 200 cm) hängt damit nur vom Anteil der Primärfaserbündel ab. Durch züchterische Maßnahmen wurde in den sechziger Jahren der Fasergehalt von Hanfpflanzen von 10 auf 40 % gesteigert. Heute verwendete Sorten haben im Durchschnitt einen Fasergehalt von 30 %, weisen aber hohe Hektarerträge auf.

Die Blätter der Hanfpflanze sind groß, handförmig geteilt und haben dunkelgrüne Ober- und blaßgrüne Unterseiten. Sie setzen sich aus 1–11, in der Regel 5–9 gezahnten, schmal lanzettförmigen Blattfingern zusammen, die auf beiden Seiten mit Drüsen und Haaren besetzt sind. Die Blütenstände sind klein und unscheinbar, weisen die Form von Trugdolden oder Rispen auf und sitzen in den Achseln der oberen Laubblätter.

Männliche Blüten bestehen aus nur fünf hängenden Staubblüten und ebenso vielen grünlichen Hüllblättern. Weibliche Blüten besitzen eine reduzierte Blütenhülle, die den oberständigen, durch zwei Fruchtblätter gebildeten Fruchtknoten am Grund becherartig umgibt. Sie werden, auch bei der Reife, von einem Tragblatt kapuzenartig locker umschlossen. Zwei lange Griffeläste ragen aus dem Tragblatt heraus. Die Bestäubung der Blüten erfolgt durch den Wind [41, 21].

Die als „Nuß“ bezeichnete, oberständige rundliche Schließfrucht enthält einen Samen. Die Nuß ist 2–6 mm lang und hat einen Durchmesser von 2–4 mm. Der tagneutral keimende Same besitzt einen hakenartig gekrümmten Embryo, der den größten Teil des Samen einnimmt.

Die gesamte Pflanze, mit Ausnahme der Samen und Wurzeln, ist mit Drüsen besetzt; besonders dicht auf der Unterseite der Tragblätter entlang der Blattadern und auf den Blättern im Bereich der Blütenstände. Die Drüsen sekretieren ein Harz, das zu 80–90 % aus Cannabinoiden sowie aus ätherischen Ölen, hochpolymeren Phenolen, Terpenen und Wachsen besteht. Zur Zeit sind etwa 60 verschiedene Cannbinoide bekannt, es werden aber ständig weitere entdeckt. Den größten Anteil haben Cannabidiol (CBD) und Cannabinol (CBN), wobei das CBD pharmakologisch genutzt wird. Die psychoaktiven Cannabinoide des Hanfes stammen aus der Gruppe der Tetrahydrocannabinole (THC).

Hüllblätter enthalten besonders viel Cannabinoide, während Samen und Fasern frei davon sind [21, 41]. Samen- und Faserhanf enthalten nur geringe Mengen THC, weshalb ihr Anbau in der EG (in der BRD seit dem Jahresanfang, Pressemitteilung des BML vom 02.01.96)[13] gestattet ist. Diese Sorten dürfen im oberen Blattdrittel einen THC-Gehalt von 0,3 % nicht überschreiten. (Wie eine Untersuchung des Kölner KATALYSE-Institutes ergab, ist auch bei Konsum großer Mengen solchen Hanfes keine Rauschwirkung zu erwarten [21].)

Es werden drei in THC- und CBD-Gehalten varierende Phänotypen unterschieden (s. Tab. 3.5). Faser- und Samenhanf haben nach dieser Aufstellung einen niedrigen THC- und einen höheren CBD-Gehalt als Drogenhanf. CBD wirkt als psychischer Antagonist zum THC und schwächt dessen Wirkung ab bzw. hebt sie völlig auf [21].

Eine Analyse von etwa 100 Hanfsorten aller drei Phänotypen ergab bei über 60 Sorten einen THC-Gehalt von unter 0,3 % (zwischen 0,06 und 0,1 %) und bei Nichtdrogenhanf-Sorten ein THC/CBD-Verhältnis von 1:5. Die bei Drogenhanf üblichen THC-Gehalte liegen zwischen 1,5 und 8 % und das THC/CBD-Verhältnis bei 2:1. Schon bei Jungpflanzen ist mit einfachen analytischen Mitteln eine Unterscheidung des Phänotypus aufgrund von THC-Messungen möglich.

[13] Im Internet verfügbar unter: `http://www.dainet.de/BML/presse/pr0196.htm`

Phänotyp		Δ-9-THC	CBD
I	Drogentyp	über 0,3 %	unter 0,5 %
II	Zwischentyp	über 0,3 %	über 0,5 %
III	Nichtdrogentyp	unter 0,3 %	über 0,5 %

Tabelle 3.5: Nach Cannabinoid-Gehalt unterschiedene Phänotypen des Hanfes.
Quelle: [21]

Die Früchte des Hanfes sind eine wichtige Quelle für die Gewinnung pflanzlicher Öle. Sie enthalten 29 % fette Öle, 13 % Eiweiß und 17 % Kohlenhydrate und können daher ein gutes Speiseöl liefern. Mit einem Anteil von 46–70 % an der hochungesättigten und für den Menschen essentiellen Linolsäure ist es biologisch besonders wertvoll. Es wird durch Zerkleinern und Pressen der Früchte gewonnen und in China, Teilen der GUS und südlichen Ländern direkt als Speiseöl genutzt. Der verbleibende Preßkuchen wird als Futtermittel in der Schweinemast eingesetzt [41].

3.7.2 Ökologische Standortansprüche des Hanfes

Der Anbau von Hanf ist in der ganzen gemäßigten Zone, im Mittelmeergebiet und in den Subtropen möglich. Er benötigt allerdings mehr Sonne und Wärme als beispielsweise der Lein. Am besten gedeiht Hanf in gemäßigten, feuchten Klimata bei Temperaturen von 13° bis 22° C. Er verträgt sowohl niedrigere als auch höhere Temperaturen. Junge Pflanzen überstehen sogar leichten Nachtfrost (-3 bis -5° C) [41].

Hanf stellt keine besonderen Ansprüche an den Boden und ist als Pionierpflanze auch auf Grenzertragsböden kultivierbar. Für einen optimalen Ertrag sollte der Boden aber tiefgründig, humos, kalkhaltig, stickstoffreich und im pH-Wert neutral bis leicht basisch sein. Gut geeignet sind nährstoffreiche Flußtäler und entwässertes Moorland, nicht geeignet sind arme Sandböden, schwere Tonböden und alle an stauender Nässe leidende Böden [41].

Zur Fasergewinnung werden monözische Sorten vorgezogen, da bei ihnen männliche und weibliche Pflanzen gleichzeitig reifen und so der Erntetermin leichter zu bestimmen ist. Faserhanf wird in Reihen von 15 – 17 cm Abstand und mit einer Saatstärke von 55 – 70 kg/ha ausgesäht.

Aufgrund seiner Schnellwüchsigkeit (20 – 40 cm pro Woche) und der guten Jugendentwicklung mit hohem Konkurrenzpotential ist in der Regel keine Unkrautentwicklung festzustellen. Der Einsatz von Pestiziden ist deshalb nicht nötig. Hanf eignet sich dadurch in besonderem Maße für eine nachhaltige ökologische Landwirtschaft (sustainable agriculture and rural development) [21, 43, 11].

Die Vegetationsperiode dauert beim Hanf etwa 100 Tage und ist mit der von Lein und Raps vergleichbar. Der Arbeitsaufwand für die Bestellung der Felder wird aufgrund der nicht nötigen Unkrautbehandlung in der Literatur [44] mit der Hälfte des für Baumwolle nötigen Aufwandes angegeben.

Der Nährstoffbedarf des Hanfes ist wegen seiner Schnellwüchsigkeit relativ hoch. In den verschiedenen Quellen werden unterschiedlich große Mengen an benötigtem Mineraldünger angegeben (s. Tab. 3.6).

Pflanze	N (kg/ha)	P_2O_5 (kg/ha)	K_2O (kg/ha)
Hanf	85–150	40–120	70–200
Lein	0–60	70–100	80–120
Baumwolle	80–120	20–40	0
Raps	180-220	120	140-180

Tabelle 3.6: Der Düngerbedarf von Hanf und einigen ausgewählter Nutzpflanzen
Quelle: [21, 11]

Im Braunschweiger Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) wurden Anbauversuche zum Stickstoffbedarf und Bestandesdichte durchgeführt. Für den praktischen Anbau wurden Stickstoffdüngergaben von 60 – 100 kg pro Hektar als ausreichend befunden. Damit liegt Hanf im Stickstoffbedarf niedriger als andere landwirtschaftlich genutzte Pflanzenarten. Allerdings zeigt Hanf sich bei einer Stickstoffmangelversorgung ebenso

empfindlich wie bei Kupfermangel. Im Gegensatz zu den meisten anderen Kulturpflanzen sind dies aber die einzigen, ihn limitierenden Ernährungsstörungen [21]. Bei zu starker Düngung wachsen die Pflanzen zu schnell und können wegen der noch ungenügender Verholzung im Sturm oder durch Hagel umknicken. Hanf, der zu stark gedüngt wurde und eine Länge von über 250 cm aufweist, ist für die Fasergewinnung nicht geeignet [21]. Diese beiden Umstände sorgen wirkungsvoll dafür, daß nicht mit dem Ziel einer vermeintlichen Ertragssteigerung zu hohe Düngergaben ausgebracht werden.

Der flächenbezogene Trockenmasseertrag von Hanf wird in den Anbauversuchen mit 10 – 20 Tonnen pro Hektar angegeben, der Faserertrag mit 2 – 5 t/ha [43]. Der weltweite durchschnittliche Hektarertrag an Fasern wird von der FAO (Food and Agriculture Organization) mit 400–5700 kg/ha beziffert [21].

Die Hanfpflanze hat einen hohen Wasserbedarf. Bei den Anbauversuchen der FAL lag die natürliche bzw. künstlich während der Vegetationsperiode eingestellte Niederschlagsmenge zwischen 307 und 381 mm/m^2. Im niederschlagsarmen Spanien wurde bis zu 10.000 m^3/ha bewässert ($\hat{=}$ 1000 mm/m^2) [21].

Schädlinge wurden im Anbauversuch nicht festgestellt. Aus der Literatur sind als parasitäre Samenpflanzen:

- *Cuscuta europea* und
- *Orobancha ramosa*

bekannt. Der Befall kann wirkungsvoll durch eine gründliche Saatgutreinigung, Kalidüngung oder die Verwendung resistenter Sorten vermieden werden [21]. Tierische Schädlinge sind selten und treten nur vereinzelt auf, die wichtigsten sind [21]:

- *Aphidiae*,
- *Halticinae*,
- *Noctuiden* sowie Larven von
- *Ostrinia nubilalis* und
- *Tipula oleraceae*.

„In der älteren Literatur wird über einige Pilzkrankheiten (z. B. Fußkrankheiten, Mehltau, Fusariosen) und unspezifische tierische Allgemeinschädlinge (Drahtwurm, Larven der Wiesenschnake) berichtet“ [45].

3.7.3 Sozio-ökonomische Zusammenhänge im Hanfanbau

Die erste Kultivierung des Hanfes fand in der Jungsteinzeit (Neolithikum) in China statt. Sie war dort die einzige heimische Faserpflanze. Auf 4200 v. Chr. datierte Tongefäße zeigen bereits Abdrücke von gewebten Stoffen aus Hanf auf ihren Bodenflächen. Lange bevor in Europa die Hanfpflanzen überhaupt bekannt waren, sind sie in China zur Erzeugung von **feinen** Faserstoffen, ihre Früchte als Nahrungsmittel und die Fruchthüllen für medizinische Zwecke genutzt worden. Die Körnerfrucht wurde im Laufe der Jahrhunderte durch Reis und Soja ergänzt und erst um 600 durch andere pflanzliche Nahrung verdrängt.

Im 8. Jahrhundert v. Chr. wurden die chinesischen Anwendungen der Hanfpflanze von den Skythen übernommen. Aus Funden in ihren Grabmalen sowie aus überlieferten Beschreibungen ihrer Bräuche ist sowohl die Nutzung von farbigen Geweben als auch die als Nahrungsmittel und berauschende Substanz nachgewiesen. HERODOT (490 – 425 v. Chr.) schrieb über die Bewohner des späteren Bulgariens, daß sie Kleidung aus Hanf herstellen konnten, die von der aus Leinen kaum zu unterscheiden gewesen sei.

Im dritten Jahrhundert v. Chr. soll in der heutigen Türkei Hanf für die Seilherstellung angebaut worden sein. Alle Quellen hoben die vorzügliche Eignung des Hanfes für Seile und Stricke hervor, insbesondere für die Zwecke der Seefahrt.

Die ältesten Hanffunde in Europa stammen aus der vorrömischen Eisenzeit (Hallstattzeit) zwischen 800 und 400 v. Chr. Es handelt sich dabei um Seilstücke bzw. Textilfragmente aus Hanfbast, gefunden als Grabbeilage in einem keltischen Fürstengrab bei Hochdorf in der Nähe von Stuttgart. Sie bestehen nicht aus reiner aufbereiteter Faser, sondern aus schmalen Streifen Stengelrinde, die versponnen und anschließend verwebt wurden. Anscheinend waren die vom Lein bekannten Methoden der Faserbehandlung wie die Röste, das Brechen und Hecheln noch nicht auf den Hanf übertragen worden. Dies geschah erst im frühen Mittelalter [41].

Der am weitesten zurück datierbare Stoff aus **aufbereiteter** Hanffaser stammt aus dem Grab der Merowinger–Königin Arnegunde, die zwischen 565 und 570 in der Kathedrale St. Denis in Paris beigesetzt wurde.

Eine erste schriftliche Nenneung von Hanf findet sich in den Schriften von Karl dem Großen (um 800). In fast allen Kräuterbüchern des 16. Jahrhunderts sind Abbildungen und Beschreibungen von Hanf und seinen Früchten enthalten. Ausnahmslos handelte es sich dabei um die Beschreibung medizinischer Anwendungen — die Anwendung als berauschende Droge wurde nicht beschrieben [41].

ALEFELD(1866) beschrieb *Cannabis sativa* L. als eine der wichtigsten Öl- und Gespinstfasern Mitteleuropas. Bei LANGETHAL (1845) wird erstmals die narkotische Wirkung des Blattsaftes, aber auch die beruhigende Wirkung der Mittel beschrieben, die sich aus den Früchten zubereiten lassen. Er erwähnt außerdem die Ölgewinnung und die Nutzung der Fasern, die zwar nicht so fein wie die des Leins aber deutlich haltbarer seien [41].

Der Niedergang des europäischen Hanfanbaus begann im 18. Jahrhundert und beschleunigte sich im 19. Jahrhundert. Ein wichtiger Grund war die Erfindung der Baumwollmaschine, die die Verarbeitung der Baumwolle wesentlich vereinfachte und wirtschaftlicher machte. Flachs und Hanf blieben weiterhin aufwendig in der Verarbeitung und wurden daher allmählich verdrängt. Gleichzeitig wurde mit dem Aufkommen der Dampfschiffe die alte Segelschiffahrt abgelöst und der Bedarf an Hanfseilen für deren Takelage ging zurück.

Im 19. Jahrhundert gelangten aus den damaligen Kolonien neue Faserpflanzen nach Europa: Jute und Sisal. Insbesondere Jute machte dem einheimischen Hanf Konkurrenz. Säcke, Planen, Gurte und Verpackungsmaterial waren wegen der niedrigen Arbeitslöhne in den Kolonien bald nur noch halb so teuer wie die Hanfprodukte.

Die Erfindung der Papiermaschine sowie des chemischen Aufschlußverfahrens für Holz zur Papierherstellung verdrängten sowohl Hanf wie auch Flachs vom Papiermarkt.

Bis 1878 nahm die Anbaufläche für Hanf von ehemals 150.000 Hektar auf nur noch 21.250 Hektar ab. 1915 wurde in Deutschland nur noch auf 417 Hektar Hanf angebaut [21].

1928 beschränkte sich der Anbau von Hanf in Deutschland auf die Gegend zwischen der Unterelbe und der Weser sowie auf das Flußgebiet der oberen Ems. Auch im Havelland, in Baden, Würtemberg, Bayern und Elsaß-Lothringen wurde noch Hanf angebaut, allerdings im Weltvergleich auf einer Anbaufläche von unbedeutender Größe. Mit Abstand die größten Anbaugebiete lagen zu jener Zeit in China, Rußland und Indien [41].

In den beiden Weltkriegen spielte der Hanfanbau sowohl in Deutschland als auch in den USA eine bedeutende Rolle. Die USA waren durch Japan als Kriegsgegner von den asiatischen Fasermärkten abgeschnitten und initierten eine Kampagne, die die amerikanischen Farmer zum Anbau von Hanf bewegen sollte [28].

Deutschland war ebenfalls von den überseeischen Rohstoffmärkten abgeschnitten und muß die bisher importierten Mengen an Sisal, Jute und Baumwolle durch den einheimischen Hanf ersetzen [28].

Dieser Handlungszwang führte in relativ kurzer Zeit zu Innovationen in Anbau-, Ernte- und Verarbeitungstechniken. Die *Kotonisierung* wurde entwickelt, ein Verfahren zur Herstellung von sehr feinen, weichen Fasern, welche in der Materialbeschaffenheit und den Verarbeitungsmöglichkeiten der Baumwolle ähnlich sind. Daher lassen sie sich auf Baumwollmaschinen verarbeiten und erfordern keine Neuentwicklung von Spinn– und Webmaschinen.

Trotz der Anstrengungen, den einheimischen Hanfanbau zu forcieren, um den Textilbedarf der Kriegsmaschinierie decken zu können, reichte die produzierte Hanfmenge nicht aus. Die Anbauflächen im damaligen Deutschland waren zwischen 1933 und 1940 auf 21.000 Hektar angewachsen. Dennoch mußte im Jahr der ertragsreichsten Ernte (1941) über 80 % der benötigten Rohfaser aus Italien importiert werden [28].

Nach dem Krieg traten die synthetischen Fasern der Petrochemie ihren Siegeszug an. Sie übertrafen den Hanf in seiner traditionellen Domäne, der (Naß-)Reißfestigkeit. Nachdem es der chemischen Industrie auch gelungen war, die Pflanzenöle als Farb- und Lackbasis zu ersetzen, wurde Hanf kaum noch benötigt. Nur noch in wenigen Marktnischen wurde er daraufhin verarbeitet, so z. B. zu Zigaretten– und Teebeutelpapier, Dichtungsmaterial oder zu Bindfäden.

Fasern und Öl wurden fortan aus Übersee importiert oder durch die chemische Industrie günstiger hergestellt. Für die Landwirtschaft wurde der Anbau von Nahrungsmitteln auf den ehemaligen Hanf-Anbauflächen profitabler (vgl. Kap. 3.5). Lediglich in Osteuropa wurde Hanf weiterhin angebaut und nach den traditionellen Methoden der Wasserröste aufgeschlossen. Auch heute ist in diesen Ländern noch Hanfanbau aktuell. Aufgrund der mit der Röste verbundenen hohen Abwassermengen ist das Verfahren allerdings im Umbruch begriffen [21]. Heute werden die Rösteabwässer entweder nach dem Stand der Technik geklärt oder als Dünger auf die Felder gebracht[14].

In Deutschland fand nach der Änderung des Betäubungsmittelgesetzes (BtMG) 1981/82 praktisch kein Hanfanbau zur kommerziellen Verwertung mehr statt. Der letzte Hanfbauer hat 1982 in einem gerichtlichen Vergleich für eine Ausgleichszahlung seinen Anbau eingestellt. Lediglich Rübenzüchter bekamen seitdem unter strengen Auflagen Ausnahmegenehmigungen, um die Hanfpflanze als Blütenstaubisolator zwischen ihren Feldern anzubauen [21].

Zeitlich parallel dazu verläuft seit Anfang der 80er Jahre eine Rückbesinnung auf pflanzliche Rohstoffe. Die Landwirtschaft, Umweltschützer und auch die Industrie bekunden seitdem zunehmendes Interesse an nachwachsenden Rohstoffe, sei es

- wegen der europäischen Nahrungsmittelüberproduktion,
- wegen der ökologischen Nachteile von Monokulturen,
- wegen der Entsorgungsproblematik von Kunststoffen oder

Zunächst wurde der Raps verstärkt zur Ölnutzung, dann auch der Flachs seiner Faser wegen angebaut. Von 1987 an stieg die Flächennutzung für nachwachsende Rohstoffe von 627 Hektar bis 1991 auf 7994 Hektar an [21]. Aufgrund von vorschnellen und falschen Entscheidungen und daraus resultierenden fehlenden Absatzmöglichkeiten, ging in den Folgejahren die bebaute Fläche wieder zurück. Trotzdem werden seitdem viele weitere Pflanzen auf ihre Eignung hin überprüft und z. T. schon neue Verarbeitungstechnologien entwickelt.

Der Hanf wurde dabei zunächst nicht beachtet, weil wegen der restriktiven Haltung des dafür zuständigen Bundesgesundheitsamtes keine Anbaugenehmigungen erteilt wurde. Aus diesem Grund sind die heutigen Aufschluß- und Verarbeitungstechnologie für Hanf auch noch weitgehend auf dem Stand der späten

[14] HanfHaus GmbH, Katalog Nr. 5 95/96

40er Jahre. Erst seit etwa zwei Jahren, ausgelöst durch die Veröffentlichung des Hanfbuches [28], ist die Nutzung von Faserhanf wieder Forschungsthema.

Die Landwirte erhoffen sich vornehmlich eine Sicherung ihrer Einkommen. Der Subventionsabbau und die Flächenstillegung bedrohen ihrer Existenz. Wenn sie hingegen Flächen aus der Nahrungsmittelproduktion nehmen und darauf z. B. Hanf anbauen, beziehen sie die Stillegungsprämie und die Subvention für den Anbau pflanzlicher Rohstoffe. Findet sich dann noch ein Abnehmer für die Ernte, ergibt sich eine weitere Einnahmequelle.

Inzwischen (Januar 1996) ist die Gesetzeslage geändert: EU–konformer Faserhanf mit einem THC–Gehalt von unter 0,3 % darf in Deutschland wieder angebaut werden. Was auf den ersten Blick als großer Sieg der Hanfbefürworter aussieht, kommt eventuell zu früh. Wenn im Spätsommer deutscher Hanf zur Verfügung steht, ist es zur Zeit noch ungewiß, ob bis dahin eine Verarbeitungsanlage betriebsbereit sein wird. Das Unternehmen ECCO Gleittechnik aus Seeshaupt ist laut eigenen Angaben[15] im Begriff, eine Pilotanlage für ihr Ultraschallaufschlußverfahren zu bauen.

Falls diese nicht rechtzeitig in Betrieb gehen kann und auch keine sonstige Verarbeitungsmöglichkeit besteht, droht dem Hanfanbau ein ähnliches Schicksal wie dem Flachs seinerzeit.

[15] Persönliche Mitteilung durch Herrn Hensel.

3.8 Produktlinienmatrix

Aus der Beschäftigung mit den Grundlagen im Bedürfnisfeld Bekleidung ergibt sich ein Bild vom status quo in diesem Industriezweig. Die Probleme der konventionellen Produktion liegen:

- in den Anbaubedingungen des Faserrohstoffes,
- im Verbrauch von Chemikalien, Energie und Wasser bei der Textilherstellung bzw. –veredlung,
- den Arbeitsbedingungen in der fernöstlichen Textilindustrie,
- den langen Transportwegen innerhalb der textilen Kette,
- dem Energie– und Wasserverbrauch zur Pflege der Kleidung und
- in den großen Stoffströmen, die nach dem Gebrauch zu entsorgen sind.

In der zu erstellenden Produktlinienmatrix (siehe nächste Seite) ist deshalb ein besonderes Augenmerk auf diese Bereiche zu legen.

Entsorgung	Gebrauch	Transport	Handel/Vertrieb	Konfektionierung	Veredelung	Textilproduktion	Primärproduktion		
●	●	●	●	●	●	●	●	111	Energetischer Aufwand
○	●	●			●	●	●	121	Rohstoffverbrauch
	○	●		●	●	●	●	1211	– davon nicht regenerierbar
●			●				●	131	Flächenentzug
							●	132	monokulturelle Erzeugung
							●	133	kontr. biol. Anbau
							●	134	Bodenerosion
	●				●	●	●	141	Wasserverbrauch
●	●				●	●	●	142	Wasserqualität
●	●		●	●	●	●	●	151	Abfallaufkommen
				●	○	○	●	1511	nutzb. Kuppelprodukte
●				●	○	○	●	1512	nicht nutzb. Kuppelprodukte
○	○	●		●	●	●	●	211	Immissionen
●		●			●	○	●	221	gasf. Emissionen
●	●	○			●	●	●	222	flüss. Emissionen
○				○	●		●	223	feste Emissionen
						○	●	311	Flora
							●	3111	Nutzpflanzen
							●	3112	Wildpflanzen
	○					○	●	321	Fauna
●					○		●	331	Wirkung auf Lebensräume
			●	●		●	○	411	Arbeitsqualität
	●		●	○		○	○	421	Arbeitszufriedenheit
○	○	○	○	○	○	○	○	431	Arbeitsunfälle
○	○		○		●	●	○	441	Schadstoffbelastungen am Arbeitsplatz
	●					○	○	451	Geschlechtsspezifische Arbeitsteilung
				●				511	Individ. Gestaltungsmöglichkeiten
	●			●	●	●	●	521	Gesundheit/Wohlbefinden
●				○	○		○	531	Sicherheit
●	●							711	individ. Kosten
●					●	●	○	721	externe Kosten
●		●			●	●	●	7211	– im Umweltbereich
					●	●	●	7212	– im sozialen Bereich
	●			●	○	●	●	731	Produktqualität
		○		●	○		●	811	Arbeitsvolumen
			○	○	○	○	●	8111	– formelles Arbeitsvolumen
	●	○	○				○	8112	– informelles Arbeitsvolumen
●		●	●	●	●	●	○	821	Kapitalaufwand
			●	●	○		○	831	Konzentration/Wettbewerb
○			●	●	○	●	○	851	internat. Arbeitsteilung

Tabelle 3.7: Die Produktlinienmatrix im Bedürfnisfeld Kleidung
Legende: ● = untersucht ○ = (mögl.) wichtig, nicht untersucht

Kapitel 4

Daten zur Produktlinie

Das Hauptsegment im deutschen Bekleidungsmarkt macht die Oberbekleidung mit jährlich 70 Milliarden DM Marktvolumen aus (1991), an dem die Arbeits–, Freizeit– und Sportbekleidung (BESPO) einen Anteil von 3 Milliarden hat [8].

Verglichen werden daher zwei langärmelige Freizeithemden, eines aus chinesischem Hanf–Material, das andere aus in der Türkei kontrolliert biologisch angebauter Baumwolle. Zu Beginn der Arbeit war geplant, beide Hemden aus dem Sortiment der Firma Globetrotter Ausrüstungen zu nehmen. Wegen der guten Geschäftsbeziehungen mit den Lieferanten versprach die Datenbeschaffung entlang der Produktionslinie relativ einfach zu sein.

Während der Lieferant der Hanfbekleidung (cotton'n'more, Braunschweig) sich sehr kooperativ zeigte, waren vom Lieferanten der Baumwollbekleidung (patagonia, München) trotz mehrmaliger Anfragen auch nach zwei Monaten nicht die vorher versprochenen Daten zur Verfügung gestellt worden. Das bis dahin gelieferte Material ist offensichtlich zu PR–Zwecken konzipiert worden und in Umfang und Detailliertheit nicht für die Erstellung einer PLA ausreichend.

So bewahrheitete sich leider die Feststellung aus dem Kapitel 2.3, daß Daten aus dem Besitz der Betriebe meistens nicht zu erlangen sind. Da die Arbeit bis zu diesem Zeitpunkt in der Vorbereitung zu weit voran geschritten war, um das Thema zu ändern oder eine andere Quelle für Primärdaten ausfindig zu machen, mußten die Ausgangsbedingungen entsprechend geändert werden.

Bei dem Herrenoberhemd aus Baumwolle wurde deshalb von einem fiktiven Unternehmen[1] in Bremen ausgegangen, das in engem Kontakt mit den Rohstofferzeugern in der Türkei steht. Die Baumwolle wird in der Türkei angebaut, verarbeitet und konfektioniert und anschließend nach Deutschland transportiert, von wo aus der Vertrieb erfolgt. Die Produktion entspricht den Anforderungen an den ökologischen Landbau und erfüllt auch in der Verarbeitung die

[1] Das „fiktive“ Unternehmen ist die Firma *Cotton Country Naturtextilien GmbH* in Oyten, deren Produktionsablauf weitgehend dem geschilderten entspricht. Leider war man dort wegen Messevorbereitungen nicht in der Lage, kurzfristig Daten zur Verfügung zu stellen. Soweit wie möglich wurde deshalb auf vorhandenes Prospektmaterial des Untenehmens zurück gegriffen. An den verbleibenden Stellen wurden Annahmen, gegründet auf Angaben in Sekundärliteratur, getroffen und dies entsprechend vermerkt.

strengen Kriterien des AKN. Insofern sind in diesem fiktiven Produktionsablauf alle Teile auf einem wünschenswert hohem ökologischen Niveau.

Untersucht und verglichen werden die Produktion von folgenden Hemden:

- „fiktives“ Jeanshemd, 100 % Baumwolle kbA, ungefärbt
- „Four Seasons“ Langarmhemd, 100 % Hanf, ungefärbt

Erforderliche Berechnungen sind im Anhang C aufgeführt, deren Ergebnisse wurden jeweils im Text verwendet. Die drei– bzw. vierstelligen Zahlen in runden Klammern beziehen sich auf die jeweilige Zeile in der Produktlinienmatrix (s. S. 60).

4.1 Baumwollbekleidung aus der Türkei

Die Türkei liegt geographisch etwa auf der Höhe Spaniens zwischen dem 36. und 42. nördlichen Breitengrad und damit innerhalb des „Baumwollgürtels“ der Erde (s. Kap. 3.6.2), in dem die klimatischen Bedingungen den Baumwollanbau zulassen.

Zahlreiche Flüsse münden an der türkischen West– und Südküste in das Mittelmeer. Abhängig von der Jahreszeit führen sie unterschiedlich viel Wasser: Oft sind die Flüsse im Sommer ausgetrocknet, während sie im Frühjahr nach der Schneeschmelze Hochwasser führen. Wegen dieser Schwankungen des Wasserstandes ist auf den meisten Flüssen keine Schiffahrt durchgängig möglich. Durch die Ablagerung von mitgeführtem Material wie Sand und Schwebstoffen haben sich im Mündungsbereich vieler Flüsse Schwemmlandgebiete ausgebildet, von denen Çukurova inzwischen das größte und wichtigste Agrargebiet der Türkei ist [46].

In der Türkei bestehen über zweihundert natürliche Seen, deren Wasserstände ebenso wie die der Flüsse von der Jahreszeit abhängen. Im Sommer schrumpft ihre Fläche, während die Seen im Frühjahr oft über die Ufer treten. Da die meisten Seen keine Abflüsse aufweisen, kommt es im Laufe der Zeit zu Versalzungen und damit zur Bildung von Salzseen. Zusätzlich zu den natürlichen gibt es noch etwa dreihundert künstlich angelegte Seen, die der Bewässerung in der Landwirtschaft, der Trinkwassergewinnung und der Elektrizitätserzeugung dienen.

An der Küste und im angrenzenden Hinterland herrscht mediterranes Klima mit heißen und sonnigen Sommern, in denen nur während Gewittern Niederschläge fallen. Die Winter sind mild und regnerisch, das Jahresmittel von 600 bis 900 mm fällt größtenteils in der Zeit von November bis März. Die West– und die Südküste haben ca. 3000 Sonnenstunden im Jahr, die Temperaturen in Antalya liegen daher im April bei 21°, im August und September bei 33 bis 35° und im November noch bei 22° Celsius [46].

Neben der Baumwolle wachsen in der Küstenregion der Türkei vor allem noch Oliven, Feigen, Zitrusfrüchte, Bananen, Tabak, Wein und Reis. Die natürliche Vegetation ist im Verlauf der Zeit immer mehr durch den Kulturanbau zurückgedrängt worden. Ehemals reiche Wälder aus Zedern, Tannen und Kiefer sind in der Geschichte der Türkei dem Schiffbau zum Opfer gefalllen. Die Flora in der Türkei ist artenreich, neben Land– und Meeresschildkröten gibt es noch viele Arten von Kleinwild in den abgelegenen Regionen der Osttürkei. Über siebzig Reptilien– und etwa dreißig Schlangenarten werden in der Türkei gezählt, Vögel und Insekten sind vielfältig vertreten.

Derzeit leben 56–57 Millionen Menschen in der Türkei, die Wachstumsrate beträgt mit 2,4 % fast soviel wie die in Entwicklungsländern. Die höchsten Zuwächse sind dabei in den ländlichen Regionen im Osten des Landes zu verzeichnen. Er ist infrastrukturell und industriell so gut wie unerschlossen, die meisten Industrieansiedlungen befinden sich in den Ballungsgebieten Istanbuls, Antalyas, Izmirs und der Küstenregionen. Die Analphabetenrate liegt in der Türkei bei 19 %, an der wiederum der schwach entwickelte Osten den größten Anteil hat. Der Schulbesuch ist teuer, die Schuldichte in den ländlichen Regionen sehr niedrig und Kinder im schulpflichtigen Alter werden oft als billige Arbeitskräfte in der Landwirtschaft eingesetzt. Für die Arbeit als Baumwollpflücker (s. Abb. 4.1) kommen Tagelöhner aus dem Ostteil des Landes in die Anbaugebiete und campieren für die Dauer der Ernte in der Nähe der Felder. Die Arbeiter, meistens Frauen und Mädchen (451), erhalten umgerechnet etwa DM 10,- für einen zwölfstündigen Arbeitstag (811). Davon bekommt in der Regel der Arbeitsvermittler noch eine Provision [46]. Da 39 % der Bevölkerung jünger als 15 Jahre sind, wird auch in Zukunft eine große Nachfrage nach Arbeitsplätzen bestehen. Wegen der im ländlichen Raum schon bestehenden Arbeitslosigkeit und dem nur schwachen Wirtschaftswachstum werden sich die wirtschaftlichen und sozialen Probleme (7212) weiter verschärfen. Eine Landflucht in Richtung der Ballungsgebiete hat schon eingesetzt.

Die Türkei ist ein ausgesprochenes Agrarland, 47 % der Bevölkerung (das sind 53 % der Erwerbstätigen) arbeiten in der Landwirtschaft. Historisch dominiert das selbständige Bauerntum in Kleinbetrieben, Dreiviertel der landwirtschaftlichen Nutzfläche entfallen auf Betriebe mit weniger als 20 Hektar Land. Die Gründe hierfür sind die traditionelle Subsistenzwirtschaft (Eigenversorgung) und die immer noch praktizierte Real–Erbteilung [46].

Kleinbetriebe befinden sich heute in der Krise (531). Es wird nicht mehr für die Eigenversorgung produziert, sondern es hat eine Spezialisierung auf marktfähige Produkte stattgefunden. Von den Erlösen sollen nicht nur der Lebensunterhalt, sondern auch der Kauf von Konsumgütern bestritten werden. Wegen der geringen Erträge reichen die Erlöse aber nicht dafür aus, zumal die Lebenshaltungskosten steigen.

Die übliche landwirtschaftliche Produktion bewegt sich daher zwischen kleinen Subsistenz– und marktorientierten Mittelbetrieben. Die Unternehmensgröße hängt neben den jeweiligen Klima– und Bodenbeschaffenheiten der Region von dem Grad der Entwicklung und der Modernisierung (Mechanisierung, Dünger-

Abbildung 4.1: Pflückerin bei der Ernte auf einem türkischen Feld mit biologisch angebauter Baumwolle. *Quelle:* Monica Dalmasso/Patagonia

einsatz, etc.) ab.

Dem Charakter des Agrarlandes entsprechend, sind lediglich 19 % (1992) der Erwerbstätigen in der Industrie beschäftigt. Sie verteilen sich auf die traditionellen Kleinbetriebe, einige wenige staatliche Großbetriebe und viele private Mittelbetriebe. Hauptsächlich sind sie in der Konsumgüterindustrie angesiedelt. In der Struktur den Entwicklungsländern ähnlich, findet vor allem eine Verarbeitung landwirtschaftlicher Erzeugnisse statt. Die Kfz– und Maschinenbaubetriebe sind in hohem Maße von Teile–Importen aus dem Ausland abhängig. Wieder findet sich ein Gefälle von der Stadt zum Land, geographisch auch in West–Ost–Richtung von der Küste ins Hinterland beschreibbar. Die Produktion höherwertiger Konsumgüter der Textilindustrie findet in der Regel in dem Dreieck zwischen Istanbul, Antalya und Izmir statt [46].

An Bodenschätzen weist die Türkei vor allem Stein– und Braunkohle auf, die von kleinen privaten Anlagen im Tagebau gefördert werden. Sie wird fast ausschließlich zur Energieerzeugung verwendet, die sich bis vor kurzer Zeit noch hauptsächlich auf Holz und getrockneten Tiermist stützte. Das vorhandene Erdöl ist von minderer Qualität und die Vorkommen sind gering. Zur Deckung des Bedarfes müssen daher große Mengen Öl aus dem Ausland, vor allem dem Irak, importiert werden.

Außer der Braunkohle finden sich Solaranlagen allenfalls zur dezentralen Versorgung von touristischen Anlagen an der Küste [2]. Ein Hauptenergieträger ist mit 15–20 % die Wasserkraft geworden. Das bisher noch ungenutzte Potential an Wasserkraft hat norwegische Ausmaße.

Rohfaserproduktion

Neunzig Prozent des Baumwollanbaus der Türkei finden an der West– und Südküste sowie den Ebenen des Hinterlandes statt. Große Monokulturen liegen in den Tälern von Bakircay und Gediz, Küçük und Büyük Menderes und im Schwemmlandgebiet von Çukurova.

Seit einem großen Schädlingsbefall durch Weißfliegen im Jahr 1975 wird das Land nicht mehr so stark bewässert wie früher und es werden neben Baumwolle auch andere Anbauten vorgenommen [46]. Vielfach findet eine geregelte Fruchtfolge statt (132).

Die Bedeutung türkischer Baumwolle ist in den letzten Jahren gestiegen, mengenmäßig liegt die Produktion über der von Ägypten oder Mexiko. Baumwolle ist dadurch die wichtigste Industriepflanze der Türkei, die Hälfte der Ernte wird in das Ausland exportiert. Auf dem Weltmarkt kostet ein Kilogramm Rohbaumwolle zur Zeit (Dez. 95/Jan. 96) etwa 2,60 DM. Zunehmend wird die Faser aber auch von der expandierenden Textilindustrie vor Ort verarbeitet. In 1990 wurden aus der Türkei 7.980 Tonnen Herren– und Knabenoberbekleidung aus Baumwolle im Wert von 285 Mio. DM importiert (Gewebe und Maschenware) [18].

Die Baumwolle für das „fiktive“ Hemd wird in der türkischen Region Çukurova[2] in kontrolliert biologischem Anbau auf Flächen produziert, die seit vielen Jahren schon in einem Fruchtfolgeplan (132) eingebunden sind. Es werden keine Pestizide (222) und auch kein Kunstdünger (223) eingesetzt, Schädlinge werden durch die Stärkung von Nützlingen bekämpft. Zur Erntezeit werden die Samenhaare manuell gepflückt, Entlaubungsmittel kommen daher nicht zum Einsatz. Das Unternehmen ist Mitglied im Arbeitskreis Naturtextilien e. V. und wird von der Kontrollorganisation SKAL gemäß den Richtlinien der IFOAM (Internationale Organisation des organischen Landbaus) (133) kontrolliert [47].

Für die Produktion von einem Kilogramm Rohfaser werden 15 MJ Energie[3] (111) in Form von elektrischem Strom für Bewässerungspumpen und raffiniertem Öl für den Betrieb von Aggregaten und Transportmitteln verbraucht. Die zur Stromerzeugung genutzte Braunkohle (64 % Anteil an Jahresstromerzeugung 1991 [2]) und das Rohöl (24 %) sind als nicht–regenerierbare Energiequellen (1211) damit verloren. Immerhin 11 % der erzeugten Stromes stammen aus Wasserkraft.

Der Wasserbedarf (141) wird wegen des praktizierten Bewässerungsanbaus mit 25 m^3 pro Kilogramm Rohbaumwolle veranschlagt[4].

Für die Textilherstellung sind nur 42 % der geernteten Saatbaumwolle zu gebrauchen, wobei lediglich ein Drittel der Fasern den für Feintextilien geeigneten

[2] Annahme

[3] Annahme nach [10] [11]: Beinhaltet den Aufwand für den eigentlichen Anbau, die Bewässerung und den Transport zur Garnspinnerei (41,87 MJ $\triangleq$ 1 kg Rohöl). Da weder Kunstdünger noch Pestizide eingesetzt werden, entfällt eine energetische Betrachtung der Nebenlinien zu deren Produktion.

[4] Annahme nach [10, 11]

Lint ausmachen. Der restliche Linters (Kurzfasern) wird zur Herstellung von Zellulose–Chemiefasern eingesetzt (1511). Von 1000 kg Trockenmasse entfallen 420 kg auf Rohfasern, 200 kg auf Saatkuchen, 110 kg auf Öl, 210 kg auf Schalen, 20 kg auf zurück behaltenes Saatgut und nur 40 kg auf Verunreinigungen (151) [11].

Saatkuchen als Futtermittel, Öl zur technischen Nutzung und die Schalen für eine energetische Verwertung stellen nutzbare Kuppelprodukte (1511) bei dem Baumwollanbau dar. Lediglich die Verunreinigungen in Form von Erdanhängen und Pflanzenteilen sind nicht nicht nutzbar.

Immissionen (211) treten bei dem Baumwollanbau nur mittelbar durch die Energieerzeugung aus fossilen Brennstoffen und in Verbrennungsmaschinen auf und sind nicht quantifizierbar. Lärmimmissionen durch landwirtschaftliche Maschinen und Geräte fallen nur ins Gewicht bei Betrieben mit veraltetem Maschinenpark.

Gasförmige Emissionen (221) entfallen weitgehend. In Frage kommen lediglich die Abgase aus Verbrennungsmaschinen, deren Einflußgröße ebenfalls nicht quantifizierbar ist. Ob mit der Nutzung von tierischen Exkrementen zur Düngung auch eine erhöhte Distickstoffemission verbunden ist, konnte nicht ermittelt werden. Wegen des Verzichtes auf Pestizide und Kunstdünger entfallen die flüssigen (222) und festen (223) Emissionen.

Wie eingangs erwähnt, ist im Laufe der Zeit die natürliche Vegetation (3112) in der Türkei zugunsten der Kulturanbauten zurück gedrängt worden. Welchen Flächenanteil diese Verdrängung hat bzw. ob und welche Wildpflanzen dabei ausgerottet wurden, konnte nicht ermittelt werden.

Daten über Arbeitsqualität, –zufriedenheit und –unfälle konnten nicht ermittelt werden. Weil Pestizide und Kunstdünger nicht benutzt werden, wird die Schadstoffbelastung (441) am Arbeitsplatz als minimal angenommen. In jedem Fall bleiben die im konventionellen Anbau üblichen Vergiftungen der Arbeiter mit Agrarchemikalien aus. Weitere Belastungsquellen sind nicht bekannt.

Bei der Primärproduktion findet eine geschlechtsspezifische Arbeitsteilung statt (451). Allerdings sind die Tätigkeiten, der Rolle der Frau in der türkischen Gesellschaft entsprechend, hauptsächlich von niederer Qualität (411). Frauen und Mädchen sind in der Regel als Pflückerinnen beschäftigt. Als hauptsächlich von Männern verrichtete Arbeit wird die eigentliche Bestellung des Bodens angenommen. Letztendlich herrscht darüber wegen der fehlenden Daten aber Unklarheit. Ebenso verhält es sich mit der Datenlage bezüglich Gesundheit und Wohlbefinden der Arbeiter in der Primärproduktion.

Die Sicherheit (531) der Baumwollfarmer hängt stark vom Erfolg oder Mißerfolg der Ernte ab. Ein Schädlingsbefall der Felder oder Wetterschäden können die Existenz der Landwirte gefährden. Von ihnen sind darüber hinaus die Tagelöhner abhängig, die für die Dauer der Ernte ihr Quartier in den Anbaugebieten beziehen und im Akkord den Verdienst für den Rest des Jahres erarbeiten müssen. Ihre existenzielle Sicherheit ist mittelbar durch die Existenz der Farmer bedingt. Deren Sicherheit wiederum kann durch Abnahmegarantien seitens

der Weiterverarbeiter erhöht werden. Volkswirtschaftlich ist die Türkei stark von den Deviseneinnahmen aus dem Baumwollanbau abhängig. Die Anpassung der Rohstoffpreise an die tatsächlichen Risiken[5] würde hier Abhilfe schaffen.

Da in der Türkei kein soziales Netz vergleichbar dem in der Bundesrepublik besteht und demzufolge die Arbeiter außerhalb der Saison nicht als Arbeitslose vom Staat unterstützt werden müssen, fallen externe Kosten (7211) nur im Umweltbereich an. Die Beeinflussung der Umwelt durch die großflächige Bodennutzung und die dadurch bedingte Verdrängung von Wildpflanzen und Säugern läßt sich nur schwer bewerten. Genauso verhält es sich mit den potentiellen Auswirkungen des hohen Wasserbedarfes (Versalzung etc.). Die Produktqualität (731) und –quantität der kontrolliert angebauten Baumwolle ist höher als bei derjenigen aus konventionellem Anbau [39]. Allerdings ist dafür häufig der Ertrag der organisch angebauten Baumwolle niedriger.

Das formelle Arbeitsvolumen (8111) ist nur bei den Pflückerinnen und Pflückern bekannt: 12 Stunden je Tag der Erntezeit. Über das Volumen der anderen Arbeiten und auch über informelles Arbeitsvolumen konnten keine Daten ermittelt werden. Im konventionellen Bewässerungsanbau wird mit 1500 Arbeitskraftstunden pro Jahr und Hektar bzw. mit 2200 Arbeitsstunden pro Jahr und Arbeitsplatz gerechnet.

Da keine Daten zur Produktionsmenge existieren, kann über den Kapitalaufwand (821) zur Primärproduktion ebenfalls keine gesicherte Aussage gemacht werden. Die weltweite Produktion im kontrollierten Baumwollanbau wurde für 1993 auf 8.000 Tonnen geschätzt [9]. Eine durchschnittliche Jahresgesamtproduktion an Rohbaumwolle macht etwa 19 Mio. Tonnen aus. In der Türkei wurden im gleichen Zeitraum 400.000 Tonnen Baumwollgarn und 344.000 Tonnen Baumwollgewebe produziert [19]. Anhand dieser Zahlen wird erkennbar, daß die Produktion im kontrollierten Anbau eine untergeordnete Rolle spielt.

Trotz der wegfallenden Ausgaben für Agrarchemikalien wird die Produktion wegen des Mehrbedarfes an Personal teurer sein als im konventionellen Anbau. Genaue Zahlen waren hierüber nicht zu ermitteln. Eine Konzentration (831) findet insofern statt, als regional ein Zusammenschluß der kleinbäuerlichen Betriebe erfolgt, deren Ernte garantiert abgenommen und lokal verarbeitet wird. Ähnliche Projekte sind bereits aus Ägypten [39] und Indien [48, 49] bekannt. Infolgedessen unterliegt Baumwolle aus biologisch–kontrolliertem Anbau nicht dem Wettbewerb: Der Anbau und die kontrollierte Produktion finden nur statt, weil schon vorher die Abnahme der Ernte garantiert wird und ein preislicher Rahmen abgesteckt ist. Die Ernte erscheint nicht auf dem freien Markt und muß sich nicht mit anderen Qualitäten messen. Unbeeinflußt vom Marktdruck können so die höheren Produktionskosten auf die Ware aufgeschlagen werden.

Textilerzeugung

Die geerntete Baumwolle wird vor Ort entkörnt und versponnen, die Garne anschließend zu den gewünschten Flächengebilden verwebt. Der Energiebe-

[5] Vgl. auch das Projekt des Transfair–Kaffees.

darf (111) hierfür liegt bei 30 MJ/kg (s. Anh. C.2). 11 % des in der Türkei erzeugten Stromes stammen aus Wasserkraft, insofern ist der Verbrauch an nicht–erneuerbaren Energieträgern (1211) deutlich reduziert.

Entsprechend den Richtlinien des AKN werden biologisch abbaubare Avivagen, Spinnschmälzen, Spulöle und Schlichtemittel verwendet. Das anfallende Abwasser (151, 222) wird in einer betriebseigenen Kläranlage (821) gereinigt, die das Modellprojekt eines dänischen Anlagenbauers (851) ist. Die Flottenbehandlung ist demzufolge auf dem Stand der Technik [47]. Entstehende Kosten der Wasserreinigung werden vom Unternehmen getragen und nicht auf die Allgemeinheit abgewälzt (7211). Über den gesamten Wasserverbrauch (142) bei der Textilerzeugung wurden keine Daten gefunden.

Der Betrieb der Spinn– und Webmaschinen erzeugt Lärmimmissionen (211) und Abwärme. Darüber hinaus ist die Schadstoffbelastung am Arbeitsplatz (441) als gering einzustufen: Zwar werden toxische Stoffe den AKN–Richtlinien entsprechend nicht eingesetzt, aber die Spinnerei ist mit einer Staubentwicklung verbunden. In diesem Zusammenhang ist die Berufskrankheit Byssionose (Baumwollstaublunge) nach langjähriger Exposition bekannt (521). Die Arbeiter müssen deshalb Gehörschutz (411) und Grobschutzmasken tragen.

Die Qualität der gefertigten Stoffe ist sehr hoch (731) und zum Absatz auf einem exklusiven Markt geeignet [47]. Die dafür erforderlichen Hochleistungsspinn– und Webmaschinen aus deutscher Produktion[6] (851) sind auf dem Stand der Technik und daher teuer in der Anschaffung (821). Das Bedienerpersonal muß gut geschult sein (411, 421), um Schäden an den Maschinen zu vermeiden und durch Fehlbedienung bedingte Totzeiten zu minimieren.

Textilveredlung

Gemäß dem AKN sind in der Endausrüstung von Textilien nur „Ausrüstungsverfahren mit Naturstoffen und mit Substanzen natürlichen Ursprungs“ erlaubt, „soweit sie den allgemeinen und speziellen Richtlinien im Bereich der Vorbehandlung und Veredelung nicht widersprechen“ [50]. Demzufolge kommen in der Veredlung der Baumwollgewebe nur thermisch–mechanische Verfahren zur Anwendung. Deren Energieverbrauch (111) wird daher auf 25 MJ/kg geschätzt, während in der Veredlung von konventioneller Bekleidung nur 20 MJ/kg benötigt werden [11]. Je nachdem, ob Garn, Maschenware oder Gewebe veredelt wird, liegt der Wasserverbrauch (141) in konventionellen Betrieben zwischen 60 und 350 l/kg. Dabei wird gerade für die Veredlung eine besonders hohe Wasserqualität (142) gebraucht, die z. T. über der von Trinkwasser liegt. [11]. Weil für die Veredlung keine Chemikalien eingesetzt werden, ist auch die Schadstoffbelastung am Arbeitsplatz (441) gering.

Das Abfallaufkommen (151) in der Veredlung wird für das gesamte Deutschland mit 12.000 Tonnen jährlich angegeben [11]. Da der Produktionsbetrieb in der Türkei über eine eigene (7211) Kläranlage auf dem Stand der Technik

[6] Annahme.

(821) verfügt, sind flüssige Emissionen (222) auf ein Minimum reduziert. Die verbleibenden Schlämme müssen deponiert werden, wenn sie nicht der Biogasgewinnung zugeführt werden können. Wegen des Verzichtes auf Chemikalien in der Veredlung dürfte aber auch der Anfall an Schlamm minimal sein. Darüber waren keine Informationen zu erlangen.

Konfektionierung

Bis auf die unterschiedlichen Standorte der Konfektionierbetriebe haben diese fast nur Gemeinsamkeiten.

Der Energieaufwand in der Konfektionierung war nicht zu ermitteln[7]. Da der Modernisierungsgrad von Konfektionierbetrieben in der Türkei und in Polen (Hanf–Konfektion) aber in etwa gleich ist[8], wird der Energieverbrauch für beide Betriebe als gleich groß ($\approx$ 1,75 MJ/kg) angenommen. Die Energiewirtschaft in Polen erzeugt prozentual nur halb (6,5 %) so viel Energie aus Wasserkraft wie die (11 %) in der Türkei [2]. So verbraucht die Erzeugung einer gleich großen Menge elektrischen Stromes in Polen mehr nicht–erneuerbare Rohstoffe (1211) als die in der Türkei.

Das Abfallaufkommen (151) in der Konfektionierung beschränkt sich auf Schnittabfälle. In der Regel werden in modernen Betrieben die Zuschnitte mit dem Computer berechnet und auf minimalen Verschnitt optimiert. Die dennoch anfallenden Schnittreste ($\leq$ 8 %) können entweder zu Reißwolle verarbeitet (1511), für kleine Applikationen oder zur Viskoseherstellung genutzt werden. Im ungünstigen Fall werden sie der kommunalen Abfallentsorgung zugeführt (1512). Über den tatsächlichen Verbleib der Schnittabfälle herrscht aufgrund der Datenlage Unklarheit.

Immissionen (211) treten in Form von Lärm, Wärme (Bügeln, Dämpfen) und Staub auf.

In der Konfektionierung sind die Anforderungen an die Fähigkeiten (411) der Arbeiter hoch: Ungelernte können nicht an Zuschneide– und Nähmaschinen arbeiten. Individuelle Gestaltungsmöglichkeiten (511) bestehen in der Regel in der Konfektionierung nicht: Schnitte, Stoffe und Materialien sind vom Auftraggeber vorgegeben, die Entlohnung erfolgt hauptsächlich nach Akkord. Das fertige Produkt ist Massenware, die Verarbeitung (731) nicht immer zufriedenstellend[9]

Der Kapitalaufwand (821) für die Konfektionierung ist erheblich: Der Maschinenpark erfordert regelmäßige Erneuerungen, um wettbewerbsfähig zu sein bzw. zu bleiben (831).

[7] Die Mitarbeiter der Fa. Pfaff konnten bei telefonischer Anfrage auch nach zwei Tagen keine Angaben über die Stromaufnahme bzw. den durchschnittlichen Verbrauch ihrer eigenen Maschinen geben! Die Angestellten der Firma Singer wußten die Gesamtleistungsaufnahme einer ihrer Haushaltsnähmaschinen mit 100 W zu nennen.

[8] Persönliche Mitteilung von E. Schulz, Globetrotter.

[9] Ergebnis der durchgeführten Umfrage, siehe Anh. A und A.1.

Trotz des hohen Maschinierungs– und Mechanisierungsgrades der Konfektionierung bleibt diese arbeitsaufwendig. Daher wird sie in immer stärkeren Maße als *passive Lohnveredlung* in Billiglohnländern (851) vorgenommen.

Transport

In den Rechnungen sind nicht die energetischen Aufwendungen und Emissionen für die Produktion der Transportmittel, die Bereitstellung von deren Betriebsmitteln sowie der Produktion und dem Transport des Verpackungsmaterials berücksichtigt.

Der Transport der Rohbaumwolle vom Feld zur Spinnerei wird mit LKW durchgeführt. Die weitere Verarbeitung erfolgt in Vertragsunternehmen (Konfektionierung, Weberei), die alle in der Region liegen. Wegen der lokalen Verarbeitung sind nur kurze Wege zurückzulegen, die in der Gesamtbetrachtung nicht ins Gewicht fallen.

Der relevante Transport ist die Verschiffung der konfektionierten Ware nach Deutschland. Angenommen werden Icel als Ausgangs– und Bremerhaven als Zielhafen und damit eine Strecke von etwa 7000 Kilometern. Der energetische Aufwand zum Transport der Ware beläuft sich dann auf 714 MJ je Tonne Fracht. Der Anteil der Transportverpackung am Versandgewicht liegt bei ca. 10 Prozent[10], sodaß sich letzlich ein Energieaufwand von etwa 0,8 MJ je Kilogramm Bekleidung ergibt. Faßt man sämtliche LKW–Transporte in der Produktlinie zusammen und nimmt dafür 1000 Kilometer an, addieren sich weitere 1,5 MJ je Kilogramm (inklusive Verpackung). Im Handel angekommen, weist die Energiebilanz für den Transport somit 2,3 MJ je Kilogramm Bekleidung auf.

[10] Angabe aus [13], durch eigene Messungen im Hause Globetrotter bestätigt.

4.2 Hanf aus der Volksrepublik China

Soweit nicht anders vermerkt, stammen die folgenden Informationen aus dem Bericht von Clarke, [51].

Der Anbau und die Nutzung von Hanf haben in der Volksrepublik China eine lange Tradition. Den Angaben der dort ansässigen Farmer zufolge wird in der Provinz Shandong seit über 1000 Jahren Hanf als Faserpflanze angebaut.

Shandong ist eine an der Küste gelegene Provinz in Ostchina. Dort herrscht Monsumklima: Der Sommer ist regenreich und die Temperaturen liegen im Mittel bei 21° C, der Herbst ist klar und sonnig bei etwa 10° Celsius. Im Winter schneit es oft bei Temperaturen um minus 4 Grad, während der Frühling wieder neblig, verregnet und etwa 11° C warm ist.

Die im Distrikt von Tai'an verwendeten Sorten sind „Lai Wu“ und „Fei Cheng“, benannt nach den traditionellen Anbaugebieten in Tai'an. Eine spezielle Zuchtauswahl auf ertragreiche Sorten gab es hier nicht, die Entwicklung der Pflanzen wurde nur durch unbewußte Auswahl der Farmer und durch natürliche Faktoren gelenkt.

In der Provinz Shandong kultivierter Hanf ist fast auschließlich diözisch. Verglichen mit ertragreichen europäischen Sorten finden sich nur wenige Blütenstände und der Samenertrag ist dementsprechend gering. Anscheinend wurden im Laufe von Jahren die beiden Sorten „Lai Wu“ und „Fei Cheng“ innerhalb des Tai'an Distriktes hin- und hergehandelt, sodaß heute beide Formen nebeneinander vorkommen. Hybride beider Sorten kommen ebenfalls vor, sind aber selten.

Obwohl einzelne Pflanzen auch Harzdrüsen ausbilden, produzieren diese scheinbar keine oder nur geringe Mengen des psychoaktiven THC. Daher können die Sorten in Tai'an nicht als Drogenhanf angesehen werden, es existiert dort weder eine Tradition der medizinischen Nutzung noch der als Rauschmittel.

Während in den frühen 80iger Jahren noch ungefähr 100.000 Tonnen Hanffasern jährlich in der Provinz Shandong produziert wurden, waren es 1992 weniger als 10.000 Tonnen. Ursache für diesen Produktionsrückgang waren ein verkleinerter Markt für Hanfprodukte und, verglichen mit anderen Feldfrüchten, niedrigere Preise für Rohhanffasern (basthaltige Faserbündel, aus dem Stengel geschält, vgl. Abb. 3.10). Aus der Sicht der Farmer war der Anbau von eßbaren Feldfrüchten wie Weizen, Mais, Sojabohnen, Erdnüssen, Früchten und Gemüse lukrativer als der Anbau von Faserhanf. 1993 wurden auf etwa 4240 Hektar der Provinz Hanf angebaut.

Rohfaserproduktion

Der Sommerhanf wird Mitte Juni ausgesäht und Ende August oder Anfang September geerntet. Während der ersten Periode wird regelmäßig aus den zahlreichen vorhandenen Brunnen bewässert, beim Sommerhanf ist das wegen des häufigen Regens nicht nötig.

Dünger wird vor der Aussaat und nocheinmal bei einer Pflanzenhöhe von 50 cm ausgebracht (Kopfdüngung). Verwendung finden verschiedene Sorten von Viehmist (15–55 t/ha) oder Sojamehl (bis zu 1,5 t/ha). Beide werden auf die Felder gestreut und untergepflügt oder -gegraben. Ammoniumcarbonat ($(NH_4)_2CO_3$), Ammoniumsulfat ($(NH_4)_2SO_3$) und Phosphorpentoxid (P_2O_5) werden gemeinsam bis zu einer Menge von 1000 kg/ha ausgebracht. Sie kosten etwa 1,60 – 2,30 DM per Kilogramm[11].

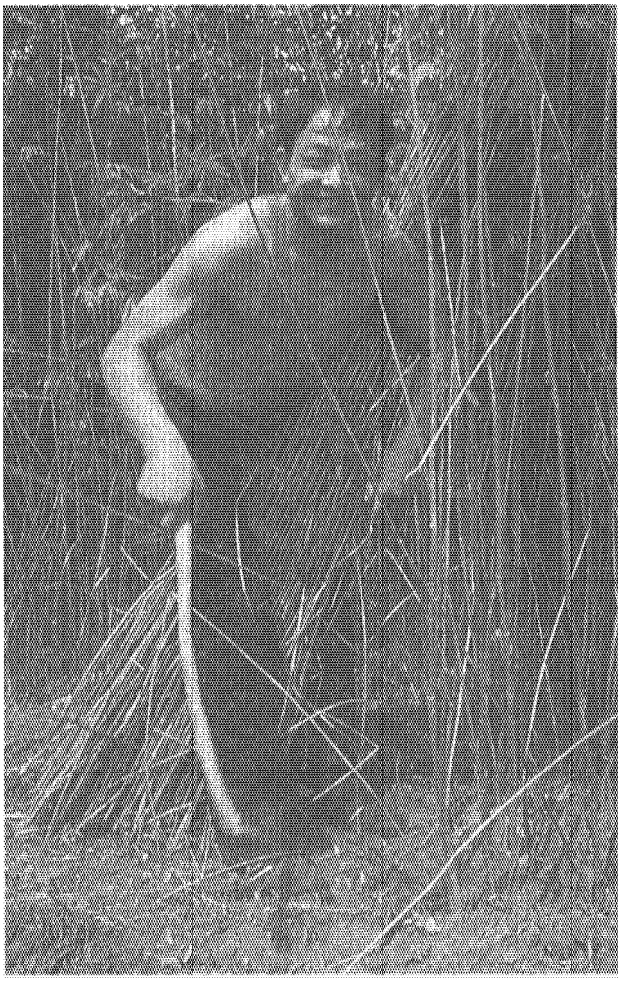

Abbildung 4.2: Manuelle Ernte von Hanfstengeln auf Feldern in Tai'an. *Quelle:* [51]

Zur Erntezeit werden die Pflanzenstengel dicht über dem Boden mit einer kurzen Sichel von Hand geschnitten. Dabei wird nach Möglichkeit vermieden, Wurzelteile mitzureißen, da diese die Faserqualität mindern und später manuell entfernt werden müssen.

Die Hanfpflanzen werden gebündelt und klassiert, indem man zuerst die läng-

[11] Diese Angaben erscheinen recht hoch zu sein: Damit würde der Erlös aus dem Verkauf von Fasern und Samen zusammen gerade für den Kauf des Düngers reichen! Leider hat CLARKE bisher nicht auf diesbezügliche Anfragen geantwortet.

Abbildung 4.3: Die geernteten Stengel werden zum Trocknen auf dem Feld ausgelegt. *Quelle:* [51]

sten Stengel und dann die Stengel mittlerer Länge aus den Bündeln zieht. Sie werden von den Blättern befreit und liefern später Fasern erster bzw. zweiter Qualität. Kurze und verdrehte Stengel werden zum Eigengebrauch mit in das Dorf genommen, um beispielsweise einfache grobe Seile daraus zu fertigen. Das abgerissene Blattwerk wird als Viehfutter verwendet. Die klassierten Stengel werden voneinander getrennt auf dem abgeernteten Feld ausgebreitet und liegen 2 bis 4 Tage lang in der Sonne bis sie teilweise getrocknet sind (s. Abb. 4.3).

Anschließend werden die Stengel zu Bündeln von je 200 Stück zusammen genommen und in einem Teich, einem Fluß oder einem gemauerten Becken zur Röste getaucht (s. Abb. 4.4). Wird die Röste in einem Teich oder Fluß vorgenommen, werden die Bündel zweimal täglich gewendet. Liegen sie in einem Becken, beschwert man sie mit Steinen oder Balken, damit sie ausreichend benetzt sind. Da die Stengel auf den Feldern nur unvollständig getrocknet sind, haben sie wenig Auftrieb und benötigen keine schweren Gewichte. Das Rösteswasser ist zwischen 23° und 30° C warm, je nach Wassertiefe und Sonneneinstrahlung.

Nach kurzer Röste werden die Stengel wieder in dünner Schicht auf den Feldern ausgebreitet und für weitere zwei bis drei Tage in der Sonne getrocknet. Manchmal wird die Röste nochmals wiederholt. Sobald diese Behandlung abgeschlossen ist, werden die Stengel erneut gebündelt und in pyramidenförmigen Haufen auf den Feldern zusammen gestellt.

Hiernach sind zwei verschiedene Verfahrensschritte möglich: Die verbreiteste Methode (*wet method*) ist, die fast trockenen Stengel von Hand aufzubrechen, die Faserbündel auseinanderzuzupfen und sie am Wurzelende zusammengebunden weiter in der Sonne zu trocknen. Nach der Trocknung können sie transportfähig und damit verkaufsfertig gemacht werden. Die Ernte läßt sich dadurch

relativ schnell absetzen.

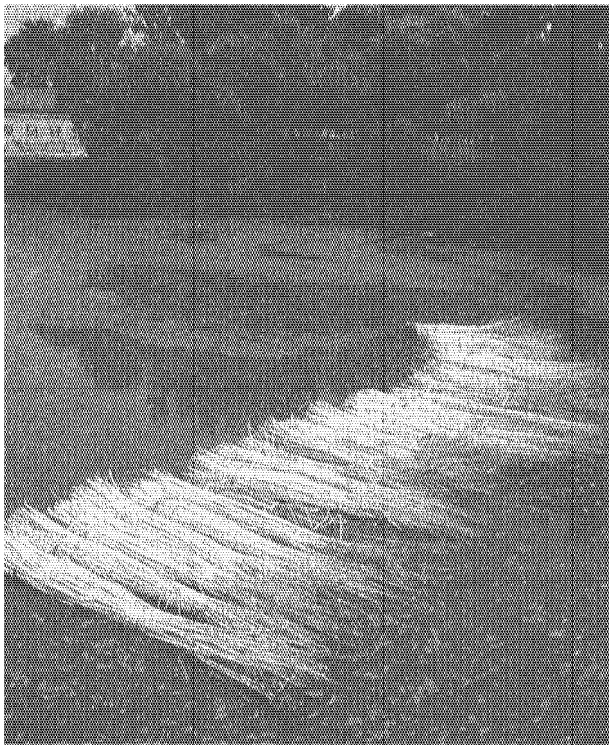

Abbildung 4.4: Rösteteich in Tai'an. Auf der Wasseroberfläche sind deutlich die dicken Flocken zu erkennen, die von Bakterien gebildet werden. *Quelle:* [51]

Seltener werden die Bündel komplett getrocknet (*dry method*) und ähnlich wie in Ungarn bis zum Sommer oder Herbst gelagert, um sie dann mit westlichen Techniken aufzubrechen und von den Holzanteilen zu befreien. Der Ertrag an verkaufsfähiger Rohfaser beträgt bei dieser Methode etwa 100 g auf 1 kg gesamter Trockenmasse, bei der üblichen Methode nur 60 g/kg. Sie ergibt außerdem etwas bessere Faserqualitäten, so daß insgesamt ein höherer Preis für sie erzielt wird.

1993 wurde den Farmern für Fasern bester Qualität noch 0,60 US–$ pro Kilogramm und 0,40 bis 0,50 US–$ je Kilogramm für Fasern zweiter Qualität bezahlt. In 1994 waren es schon 0,75 US–$ und im Juli 1995 1,00 US–$ je Kilogramm erstklassiger Faser (vgl. Preis der Baumwolle 7/95: 1,90 US–$ je kg; *Quelle:* ICAC). Die Qualität und damit der Preis des Fasergeflechts sind durch die Verarbeitungsmethoden, die Faserbündellänge sowie deren Feuchtegehalt bestimmt. Lange Bündel gut gerösteter und trockener Faser erzielen den höchsten Preis, während nach der Sommerernte die Preise wegen des hohen Angebotes am niedrigsten sind.

Scheinbar ist die *dry method* 1986 auf Initiative der Dong Ping Hanf Mühle eingeführt worden, wegen der dafür erforderlichen Gerätschaften bisher aber noch nicht weit verbreitet. Die Mühle verarbeitet hauptsächlich nach der *wet*

method aufgeschlossenes Material, würde aber *dry method*–Hanf vorziehen. Die Felder wären schneller abgeerntet und Folgefrüchte könnten früher ausgebracht werden.

Der Bastfasergehalt der heimischen Sorten schwankt zwischen 5 und 22 % und beträgt im Mittel 12 %. Eine gute Ernte bringt durchschnittlich zwischen 7 und 10 Tonnen Trockenmasse und dementsprechend 0,8 bis 1,2 Tonnen Hanffasern erster und zweiter Qualität pro Hektar.

Über den energetischen Aufwand zur Erzeugung des Faserhanfes waren keine konkreten Zahlen zu ermitteln. Unter der Voraussetzung, daß sämtliche Arbeiten manuell (oder mit Hilfe von Zugtieren) ohne Maschinenkraft verrichtet werden, ist der energetische Aufwand (111) außerordentlich gering (0,2 MJ/kg) und beschränkt sich auf Transporte. Dabei ist nicht die zur Produktion der eingesetzten Agrarchemikalien benötigte Energie berücksichtigt.

Problematisch ist der nötige Flächenverbrauch (131): Würden die im statistischen Mittel von jedem Bundesbürger pro Jahr verbrauchten 23 Kilogramm Textilien aus chinesischem Hanf bestehen, wären dafür ca. 15.500 km^2 nötig. Allerdings wird in China eine Fruchtfolge praktiziert (132). In allen Quellen wird die bodenverbessernde Wirkung des Hanfes erwähnt, Bodenerosion (134) ist nicht zu erwarten. Der Wasserverbrauch (141) während der Vegetationsperiode liegt mit 1,2 m^3 pro Kilogramm Faser (s. Anh. C.8) ebenfalls deutlich unter dem von Baumwolle.

Die Qualität (142) des durch den Röstevorgang biologisch hoch belasteten Wassers ist als problematisch zu bewerten. Wegen des hohen BSB/CSB–Wertes ist eine Sauerstoffzehrung und ein Umkippen der Rösteteiche zu erwarten (331).

Die Hanfpflanze wird fast vollständig verwertet, nicht–nutzbare Reste bleiben kaum übrig (151). Von den Samen wird die nötige Menge Saatgut für die nächste Ernte behalten und der Rest als Nahrungsmittel bzw. Vogelfutter verkauft (1511). Der Preis liegt bei 0,75 – 1,00 US–$ je Kilogramm (der gleiche Preis muß auch beim Zukauf von Saatgut bezahlt werden). (Der Samenertrag bei Pflanzen, die zur Fasergewinnung genutzt werden, ist gering. Es müssen daher für die Samengewinnung eigene Felder angelegt werden.) Das Blattwerk der Pflanze dient als Viehfutter und die Schäben werden zu Schuhsohlen verarbeitet. Fasern niedriger Qualität verwendet man zur Seilherstellung für den Eigengebrauch. Lediglich das Stroh wird ungenutzt auf den Feldern verbrannt (1512).

Wegen der traditionellen Anbauweise von Hand sind Lärm und Abgase als Immissionen (211) aus landwirtschaftlichen Maschinen und Geräte nicht vorhanden. An gasförmigen Emissionen (221) können Distickoxide aus der Düngerverwendung sowie Faulgase aus der Röste erwartet werden. Wegen der starken Sauerstoffzehrung ist ein anaerober Abbau anzunehmen, in dessen Verlauf Methan emittiert wird. Sowohl N_2O als auch CH_4 haben ein hohes Potential bezüglich des Treibhauseffektes. Über die Menge der freigesetzten Gase gibt es keine Informationen. Flüssige Emissionen (222) fallen bei der Röste an und haben eine erhebliche Wirkung auf die Umwelt (s. o.).

Als feste Emissionen (223) fallen die Düngergaben an. Sofern sich nicht Fehler aus der Übersetzung der englischen Quelle bzw. den Umrechnungen in metrische Maße ergeben haben, sind die aufgebrachten Düngermengen als erheblich zu bezeichnen. Während in den Anbauversuchen der FAL [43] Stickstoffmengen von 60 bis 100 kg/ha als ausreichend befunden wurden, wird in Tai'an scheinbar ein Gemisch aus Kunstdünger in bis zu zehnfacher Menge ausgebracht. Der Exporteur bestätigt lediglich den Gebrauch von Dünger (s. B.1), nennt aber keine Mengen. Hierüber besteht Informationsbedarf.

Der Faserhanfanbau hat eine positive Wirkung auf andere Nutzpflanzen (3111): Er erweitert die Fruchtfolge, lockert den Boden auf und bereitet ihn für Folgefrüchte vor. Wildpflanzen am gleichen Standort werden vom Hanf unterdrückt (sofern der Hanf zur Fasergewinnung angebaut wird und eine entsprechende Standesdichte hat). Wildpflanzen am Feldesrand oder in der näheren Umgebung werden dagegen nicht beeinflußt (3112).

Bis auf die wenigen Schädlinge werden die meisten Insektenarten (321) durch die Inhaltsstoffe (ätherische Öle, Phenole etc.) des Hanfes ferngehalten. Negative Wirkungen auf Vögel oder Säuger (321) sind nicht bekannt.

Über Arbeitsbedingungen (411) im Hanfanbau ließen sich kaum Daten ermitteln. Es ist unklar, ob sich die diesbezüglichen Angaben des Exporteurs Tradewise (s. B.1) nur auf die Verarbeitung oder auch auf den Anbau beziehen. Es wird darin versichert, daß in der gesamten Produktion keine Kinderarbeit stattfindet. Aus den Geschäftsbeziehungen mit Asiaten ist jedoch bekannt, daß jene alle gewünschten Zertifikate und Unterlagen vorzuweisen wissen[12], deren Wahrheitsgehalt aber nicht immer 100 % beträgt. Deshalb ist mit der Möglichkeit von Kinderarbeit trotzdem zu rechnen. Auf den Fotos sind zum Teil Kinder zu sehen, die zum Beispiel beim Aufbrechen der Bastfasern helfen.

Als problematisch ist im Zusammenhang mit dem starken Einsatz von Düngemitteln deren toxikologische Wirkung (441) zu bezeichnen. Die Stickstoffdünger können die Bildung von cancerogenen Nitrosaminen begünstigen. Bei Kleinkindern kann durch hohe Nitratkonzentrationen Methämoglobinämie auftreten (521) und Blausucht auslösen [11]. Entsprechende Daten über die jeweilige Belastung am Arbeitsplatz wurden nicht gefunden.

Im Hanfanbau treten externe Kosten (7211) vor allem im Umweltbereich auf. Die Wasserröste in Fließgewässern oder in speziellen Teichen belasten die gesamte Umwelt, werden dem Produkt Hanffaser aber nicht aufgeschlagen. Eine Quantifizierung der Auswirkung kann aufgrund der Datenlage nicht erfolgen.

Die Produktqualität (731) des chinesischen Hanfes ist umstritten. Während das HanfHaus von Pestizidrückständen in chinesischer Ware berichtet[13], ist die hier produzierte Faser frei von Schadstoffen[14]. Generell werden Hanffasern aus der Wasserröste höherwertiger als die aus Tauröste angesehen.

[12] Persönliche Mitteilungen des Importeurs, des Händlers sowie aus [9].
[13] Persönliche Mitteilung eines HanfHaus–Mitarbeiters.
[14] Untersuchung durch die Auerbacher Ingenieur– und Handels–GmbH.

Nach Angaben des Exporteurs ist in der Volksrepublik kürzlich die 40–Stunden–Woche (811) eingeführt worden. Es wird demnach an fünf Tagen in der Woche jeweils 8 Stunden gearbeitet. Wie in der hiesigen Landwirtschaft wird sich das Arbeitsvolumen aber nach den landbaulichen Anforderungen richten und nicht immer dem Schema (8112) entsprechen.

Der Importeur beziffert die Kosten für den Anbau, die Textilerzeugung und –veredelung mit 35 % der Gesamtproduktionskosten. Darin sind Zölle und Kosten für den Transport nach Deutschland noch nicht enthalten[15]. Der Kapitalaufwand (821) für Anbau und Verarbeitung der Hanffasern muß demzufolge sehr niedrig sein. Die Bestellung der Felder erfolgt im wesentlichen in Handarbeit. Wegen der niedrigen Löhne liegt hier ein Preisvorteil gegenüber den sonst erforderlichen Investitionskosten für Maschinen. Im Vergleich zu neuen, in Deutschland entwickelten, technischen Aufschlußverfahren ist die Wasserröste sehr billig. Das liegt nicht zuletzt auch an den abgewälzten Kosten der Umweltbelastung. Die Anlagen der Textilmühle stammen aus einem joint venture (851) mit einem westlichen (niederländischen) Unternehmen aus dem Jahre 1993 [51]. Der finanzielle Umfang dieses Know–How–Transfers war nicht in Erfahrung zu bringen.

[15] Persönliche Mitteilung.

Textilproduktion und –veredlung

Die Faserbündel kommen in die Textilmühle von Tai'an City, wo sie weiter aufbereitet werden (Abb. 4.5).

Abbildung 4.5: In der Textilfabrik werden zunächst die Bastfaserbündel verfeinert und parallelisiert. *Quelle:* [51]

Dieses Fasermaterial wird zu Garn versponnen. Energetische Aufwendungen (111) für die Aufbereitung der Bündel, das Verspinnen und Verweben sind in Höhe von 10 MJ/kg anzurechnen. Laut Angaben des Exporteurs (s. Anhang B.1) kommen dabei keinerlei Chemikalien zum Einsatz.

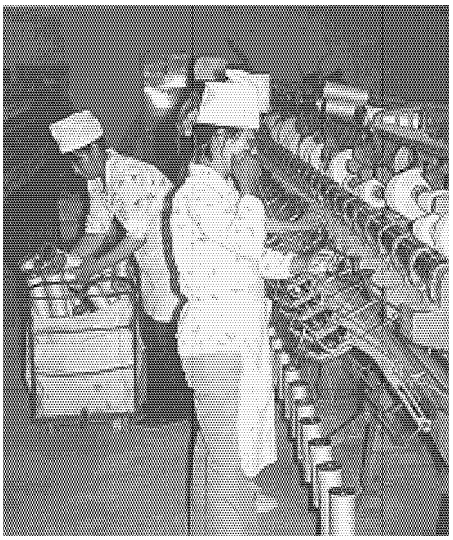

Abbildung 4.6: Die Hanffaser wird zu einem Garn versponnen. *Quelle:* [51]

Das fertige Garn wird weder gewaschen, gebleicht noch gefärbt. Verwoben wird das Garn ebenfalls in der Textilmühle in Tai'an City, wobei das fertige Gewebe

gewaschen (141) und damit gekrumpft wird. Sonst wird es wiederum weder gebleicht, gefärbt, mit Weichmachern oder sonstigen Ausrüstungen behandelt. Das Gewebe wird bis auf Waschen keinerlei Behandlung unterzogen. Es kommen keine Chemikalien zum Einsatz[16].

Abbildung 4.7: Aus dem Garn wird in der Weberei ein Flächengebilde hergestellt. *Quelle:* [51]

Die Waschabwässer (222) gelangen ungeklärt in den Boden (7211). Zur Verschiffung nach Deutschland wird die Ware in Nylon–Folie verpackt.

Ein Abfallaufkommen (151) war nicht zu ermitteln. Bei der maschinellen Verarbeitung sind Lärmimmissionen (211) zu erwarten. Wie bei der Baumwollspinnerei auch, ist hier die Staublunge als Berufskrankheit bekannt (521). Wie auf den Bildern zu sehen, wird in allen Arbeitsbereichen der Textilmühle daher Mundschutz getragen.

In der Bekleidungsbranche sind die katastrophalen Arbeitsbedingungen (411) in der VR China allseits bekannt [11]. Die Angaben des Exporteurs hinsichtlich der Arbeitsbedingungen sind daher nur unter Vorbehalten zu verwenden. Es ist anzunehmen, daß die Arbeitszeiten höher als angegeben liegen und daß auch Kinderarbeit (7212) in dieser Fabrik stattfindet. Die Angabe des Exporteurs auf die Frage nach Gleichbehandlung beider Geschlechter, ist ein typisch asiatisches Ausweichen. Daß die Bezahlung entsprechend der Position erfolgt, ist wohl überall üblich, bedeutet aber nicht, daß Frauen diese höheren Positionen auch innehaben können (451).

[16] Die Analyse der Auersbacher Ingenieur– und Handels–GmbH nach den Richtlinien von eco–tex hat keine Rückstände im Gewebe nachweisen können.

Konfektionierung

Nachdem die Halbware aus China mit dem Schiff in Hamburg eingetroffen ist, wird sie per LKW nach Braunschweig zum Großhändler gefahren. Nach der Eingangskontrolle wird sie wieder per LKW nach Koszalien in Polen transportiert, um dort im Werk von SIGMA LTD. konfektioniert zu werden. Die grundlegenden Einrichtungen und Abläufe in der Konfektionierung gleichen denen in der Türkei:

Der Zuschnitt des Gewebes wird am Computer auf minimalen Verschnitt optimiert (151). Ein guter Wert für übrig bleibende Schnittabfälle liegt bei ≤ 8 % [50]. Bei dem Betrieb der Anlagen und Maschinen treten Immissionen (211) in Form von Lärm, Wärme (Bügeln, Dämpfen) und Staub (441) auf.

1995 wurde eine neue Produktionshalle eingerichtet (821), die mit modernen Maschinen ausgerüstet ist. Die bisherige maschinelle Einrichtung stammt größtenteils aus den Jahren 1992–1995, ist also auch modern. Genaue Zahlen über den Energieverbrauch (111) liegen nicht vor[17], daher wurde mit einem geschätzten Wert von 1,75 MJ/kg (s. Anh. C.2) gerechnet.

Bei SIGMA LTD. sind 450 Personen in zwei Schichten beschäftigt, die 8 Stunden an fünf Tagen in der Woche (811) arbeiten. Das Personal hat wöchentlich einen freien Tag und wird nach Akkord (411) bezahlt. Die Tagesleistung einer Näherin liegt bei 25 Hemden pro Tag. Das fertige Produkt ist Massenware, die Verarbeitung (731) nicht immer zufriedenstellend[18] Gesetzlich festgelegter Mindestlohn (531) sind 2800 Sloty[19]. Es bestehen feste Kündigungsfristen. Im Produktionsbetrieb wird medizinische Versorgung geleistet und Kantinenbetrieb geboten. Die Arbeiter haben die Möglichkeit zur beruflichen Weiterbildung, sind an Entscheidungen beteiligt und haben die Möglichkeit, sich in Gewerkschaften zu organisieren (421). Laut Angaben des Unternehmens ist SIGMA LTD. das modernste seiner Branche (831) in Osteuropa (s. Anhang B.2).

Die Kosten für die komplette Konfektionierung werden vom Großhändler mit 13 % der gesamten Produktionskosten beziffert. Darin sind weder Zölle noch Transportkosten enthalten.

Transport

Verschiedene Transporte sind bei der Primärfaserproduktion nötig: Der Kunstdünger muß aus der nächstgrößeren Stadt (Jinan) zu den Feldern geschafft, das geerntete Stroh wiederum zu den Rösteteichen gefahren werden. Nach der Röste kommt das behandelte Stroh in die Textilmühle.

Das fertige Textilgewebe wird nach Jinan gefahren und dort auf dem gelben Fluß in die Küstenregion des gelben Meeres verschifft. Von den dortigen Hafenstädten aus ist der Überseetransport nach Deutschland möglich. Die Schiffe

[17] Siehe Fußnote auf Seite 69.

[18] Ergebnis der durchgeführten Umfrage, siehe Anh. A und A.1.

[19] In dem Fragebogen an den Konfektionierbetrieb wurde die Angabe des Abrechnungszeitraumes nicht angegeben. Siehe S. 112

nehmen von China aus die Südroute um Indien herum, durch den Suezkanal und das Mittelmeer bis nach Hamburg[20].

Abbildung 4.8: Der Transport der Faserbündel vom Feld zur Textilmühle kann auch mit dem Fahrrad erfolgen. *Quelle:* [51]

Von Hamburg aus wird die Ware mit LKW über Braunschweig nach Polen zum Konfektionierbetrieb und anschließend über Braunschweig wieder nach Hamburg zu Globetrotter Ausrüstungen gefahren. Zusammen ergeben sich damit etwa 1.650 Kilometer LKW–Transport und 23.250 Kilometer mit dem Schiff. Der energetische Aufwand (111) dafür beträgt 5,2 MJ je Kilogramm Kleidung.

4.3 Handel und Vertrieb

Ab diesem Kapitel wird die Betrachtung der beiden Produktlinien zusammen durchgeführt. Da ursprünglich Hemden aus dem Sortiment von Globetrotter verglichen werden sollten, bestehen im Prinzip keine großen Unterschiede beider Linien in punkto Lagerung, Vertrieb und Verkauf. Unter der Annahme, daß die Baumwollbekleidung Bestandteil des von Globetrotter Ausrüstungen geführten Sortiments sei, ergeben sich folgende Aufwendungen:

Zur Lagerung und zum Versand der Ware sind entsprechende Räumlichkeiten nötig. Neben dem unausweichlichen Flächenentzug (131) durch die Bebauung

[20] Persönliche Mitteilung eines Mitarbeiters der Spedition Zell & Mohr.

sind energetische Aufwendungen (111) zu deren Beleuchtung und Beheizung erforderlich. Allerdings sind pro Kilogramm Bekleidung und Jahr nur 0,08 MJ für Lagerung und Versand (Kommissionierung und Verpackung) zu veranschlagen. Falls das Textil in eine der Hamburger Filialen gefahren wird, erhöht sich der Energieverbrauch auf 0,1 MJ/kg.

Mit dem Einsatz eines modernen, EDV–gestützten Warenwirtschaftssystemes wird die Warenanlieferung der Filialen nach dem aktuellen Bedarf ausgerichtet. Abverkaufte Ware wird in der Regel rechtzeitig durch Belieferung aus dem Lager ersetzt. Damit können die Lager in den Filialen klein gehalten werden (131). Neuer LKW–Verkehr entsteht dadurch nicht, vielmehr werden die bestehenden Transport– und Lagerkapazitäten optimal ausgenutzt.

Nach Eintreffen der Ware im Lager fällt die Transportverpackung als Abfall an (151). Nur zum Teil wird sie für den eigenen Versand wiederverwendet, überwiegend werden Kartons gesammelt und einem Entsorgungsbetrieb zugeleitet. Ein Pool wiederverwendbarer Transportverpackungen, die zwischen Lieferanten und dem Versandlager hin– und herpendeln, existiert nur für den mengenmäßig bedeutendsten Lieferanten. Die Bekleidung ist zu Schutzzwecken (Staub etc.) einzeln in Polyethylenfolie (LD–PE) verpackt. Diese Folien werden erst in den Filialen entfernt und fallen dort als Abfall (151) an. Zwar können sie noch eine Weile als Hilfsmittel in der Warenpräsentation (Ausstopfen von Taschen und Rucksäcken)[21] genutzt werden, sind aber letztendlich doch zu entsorgen.

Die Fa. Globetrotter ist erst im Herbst 1994 in das neue Versandlager umgezogen. Kommissionier– und Versandeinrichtungen sind modern und auf dem Stand der Technik (821). Arbeitsqualität (411) und –zufriedenheit (421) sind dementsprechend hoch.

Als Handelsbetrieb hat Globetrotter nur mittelbar über die Auswahl der Lieferanten Einfluß auf die Produktqualität (731). Im Bekleidungssektor stehen die vertriebenen Waren der renommierten Sportbekleidungshersteller auf einem hohen Qualitäts– und Preisniveau. Diese Warengruppe hat mengen– und umsatzmäßig einen hohen Anteil am Gesamtumsatz des Unternehmens. Erste Versuche, fremd gefertigte Bekleidung unter dem eigenen Label „Four Seasons“ zu vermarkten, führten wegen Problemen mit der Produktqualität zu erhöhten Warenrückläufen und Reklamationen[22]. Als Konsequenz sind daraufhin Maßnahmen zur Qualitätssicherung (731) getroffen worden.

Seit dem Zusammenschluß mit einem ehemaligen Mitbewerber (831) zu Beginn des Jahres 1996 ist Globetrotter in der Outdoor–Branche das führende Unternehmen auf dem deutschen Markt. Konkurrenten vergleichbarer Größe und Bedeutung sind seitdem nicht mehr vorhanden. Die Geschäftsbeziehungen sind sowohl im Einkauf als auch im Absatz weltweit (851).

[21] Eigene Erfahrungen.

[22] Eigene Beobachtungen im Ladenverkauf und persönliche Mitteilungen aus der Serviceabteilung.

4.4 Gebrauch und Pflege

Da in der jüngeren Vergangenheit keine Bekleidung aus Hanf auf dem Markt war, sind Erfahrungen bezüglich Reinigung und Pflege dieser Textilien nur in älterer Literatur zu finden. Um trotzdem einen aktuellen Eindruck zu gewinnen, wurde eine Fragebogenaktion durchgeführt. Zielgruppe waren alle Kunden, die im Versand von Globetrotter Ausrüstungen Hanfkleidung bestellt hatten. Die Umfrage ist nicht repräsentativ und genügt in der Aussagekraft der Ergebnisse keinen wissenschaftlichen Ansprüchen. Es ging lediglich darum, die aufgrund des Faseraufbaus vermuteten Eigenschaften trendmäßig bestätigt zu sehen. Speziell sollte in Erfahrung gebracht werden, ob die Waschhäufigkeit eventuell niedriger als bei anderen Textilien ausfallen würde und welche Eigenschaften die Kunden sich wünschen. Der Fragebogen und dessen Auswertung finden sich im Anhang A.1.

Geht man optimistisch davon aus, daß die Textilien nach der Wäsche nicht maschinell getrocknet würden, ist der Gebrauch mit Waschen und Bügeln immer noch der Abschnitt mit dem größten massebezogenen Energieverbrauch im Produktleben. Entsprechend den in der Umfrage ermittelten Abweichungen im Verhalten der Verbraucher sind für die Kleidungspflege zwischen 1290 MJ/kg (Hanf, ohnemaschinelles Trocknen), 1435 MJ/kg (Baumwolle, ohne Trocknen), 1900 MJ/kg (Baumwolle, inklusive Trocknen) und 2040 MJ/kg (inklusive Trocknen) zu veranschlagen (111). Das entspricht nach dem Boustead–Modell einem CO_2–Ausstoß von 85 kg, 95 kg, 125 kg bzw. 135 kg [13].

Für die Produktion der Waschmittel sind Rohstoffe (121) nötig, die je nach Zusammensetzung der Mittel [3] unterschiedlicher Art und Menge sind. Bei der Nutzung von Waschmitteln nach dem Baukastenprinzip ist ein erhöhtes Maß an informeller Arbeit (8112) nötig, um die Wäsche zu sortieren und die Bestandteile des Waschmittels richtig zu dosieren.

Der Wasserverbrauch (141) zum Waschen wird für eine vierjährige Lebensdauer der Kleidung mit 4620 Litern angegeben. Die beim Waschen anfallenden Abwässer (151) müssen geklärt werden, da sie sonst die Oberflächengewässer zu stark belasten (142).

Art und Umfang der Antworten zum Pflegeverhalten lassen darauf schließen, daß zwar alle Verbraucher Kleidung tragen, aber die wenigsten sie auch selber reinigen. Damit wird die Annahme gestützt, daß die Reinigung der Kleidung zum immer noch überwiegenden Teil von Frauen erledigt wird (451). Deren Zufriedenheit (421) mit diesem Zustand wird als niedrig angenommen.

Obwohl die Gesundheit der Bevölkerung durch mangelnde Hygiene bei der Kleiderpflege nicht bedroht ist, hängt doch das Wohlbefinden (521) subjektiv auch von der Sauberkeit der Kleidung ab. Für dieses Empfinden ist in hohem Maße die Werbung verantwortlich, die lange Zeit die Notwendigkeit von Sauberkeit und Hygiene überbewertete und persönlichen Nachholbedarf suggerierte.

In diesem Zusammenhang steigen auch die individuellen Kosten (711) für den Mehrverbrauch an Energie, Wasser und Waschmitteln. Der Großteil der individuellen Kosten wird allerdings von den Ausgaben für den Kauf der Textilien

ausgemacht. Eine angemessene Qualität des Produktes (731) vorausgesetzt (s. Anh. A.1), ist der Verbraucher durchaus bereit, hohe Preise zu zahlen.

4.5 Entsorgung und Recycling

Der Verbleib von Textilien nach Ablauf der Verwendungszeit ist schwer zu bestimmen, mehrere Studien [13, 8, 52, 18] sind allesamt zu keinem eindeutigen Ergebnis gekommen. Die Möglichkeiten der Aufteilung des einen Stoffstromes in viele diffuse Teilströme sind groß. Von der Weiterverwendung (Second Hand) über das Down– und Recyclen (1511) wird textile Bekleidung auch kompostiert, deponiert oder zusammen mit dem Hausmüll verbrannt (151). Genaue Zahlen können dementsprechend nicht genannt werden und behindern die Zuordnung der entsprechenden Kosten (721) an die Verursacher. Teile der hier in Deutschland auftretenden Abfallströme finden sich durchaus im Ausland (851) wieder und werden dort unter unzureichenden Schutzvorkehrungen (531) entsorgt.

Während eine Weiterverwendung durch eine dritte Personen keine Veränderung im Verbrauch von Rohstoffen und Energie (für die Pflege) bedeuten, ist die stoffliche Verwertung in der Kreislaufwirtschaft immer mit einem weiteren Energieverbrauch (111) bei der Verarbeitung verbunden [15]. Werden die Kleider kompostiert oder deponiert, müssen für den Transport zu den entsprechenden Anlagen weitere Mittel aufgewendet werden, ohne die später beim Abbau enstehende Energie nutzen zu können. Zudem bedeuten Deponierung und Kompostierung auch immer Flächenentzug (131). Die aus Deponien evtl. entweichenden Sickerwässer (222) können die Qualität (142) von Grund– und Oberflächengewässern beeinflussen.

Nur die Verbrennung der Alttextilien ergibt wegen deren relativ hohen Heizwertes (s. Tab. 3.2) eine Energiegutschrift[23]. Voraussetzung sind moderne Brenn– und Filtertechniken (821), um die Emissionen (221) gering zu halten.

[23]Der Weg für die Anlieferung der Alttextilien per LKW müßte ca. 11.000 Kilometer betragen, bevor sich die Verbrennung nicht mehr lohnte.

Kapitel 5

Bewertung der Konflikt– und Differenzfelder

Die sich aus dem Vergleich der beiden Produktlinien ergebenden Konflikt– und Differenzfelder sind in der Auswertungsmatrix auf Seite 90 festgehalten.

5.1 Ökologische und toxikologische Aspekte

Der Energieaufwand (111) in der gesamten Produktlinie des Hanfbekleidung, von der Rohfaserproduktion bis zum Eintreffen im Handel, beträgt 46,95 MJ/kg. Die Produktion der Baumwollkleidung bringt es dagegen auf 74,05 MJ/kg. Erklärbar ist dies zum einen durch den höheren Mechanisierungsgrad in der Türkei. Das Verspinnen der Baumwollfasern erfolgt auf Hochleistungsmaschinen, während in China auf veralteten Spinnmaschinen und Webstühlen gearbeitet wird. Zum anderen ist der Aufwand zur Bewässerung der Baumwollfelder wesentlich höher. Daher fällt auch der mehr als doppelt so hohe Energieaufwand für den Transport der Hanfkleidung nicht ins Gewicht. Trotzdem ist der weite Weg, den die Hanftextilien zurücklegen, als ökologisch negativ zu bewerten. Eine Produktion von Textilien aus lokal angebauten Fasern, die in deutschen Unternehmen verarbeitet würden, könnte die Energieaufwendungen für Transporte deutlich senken.

Ein viel größeres Einsparpotential liegt allerdings in der Gebrauchsphase. Die Wasch– und Pflegegewohnheiten der Verbraucher müßten sich dahingehend ändern, daß Kleidung nur nach Bedarf gewaschen wird und nicht, weil sie eine bestimmte Anzahl von Tagen getragen wurde. Aus hygienischer Sicht würde dies keinen Rückschritt oder gar eine epidemiologische Gefahr bedeuten. Ökologisch ließe sich der Energieverbrauch zum Reinigen von Kleidung halbieren oder sogar auf ein Drittel des jetzigen Standes senken [13].

Die Verbrauchsmenge von Rohstoffen (1211) für die Energieerzeugung ergibt sich aus dem Wirkungsgrad der Kraftwerke. Dieser wird neben der Effizienz der Wärmetauscher in hohem Maße durch die Heizwerte der verwendeten Braunkohle bestimmt. Je nach Herkunftsgebiet liegen die Heizwerte für türkische

Kohle zwischen 6,2 und 18,1 MJ/kg und die für polnische Kohle bei 8,0 bis 8,8 MJ/kg [53]. Erfreulicherweise wird in der Türkei zu einem recht hohen Anteil Strom aus Wasserkraft erzeugt.

Was die Ertragsmenge (121) der beiden verglichenen Pflanzen angeht, hat der Hanf zwar einen sehr viel höheren Ertrag an Trockenmasse, doch ist nur ein geringer Teil davon für die Textilnutzung zu verwenden. Dafür sind die nutzbaren Kuppelprodukte beim Anbau von Hanf vielfältiger und wertvoller als die der Baumwolle.

Der Flächenentzug (131) bei der Entsorgung von Alttextilien ist problematisch. Die zur Verfügung stehende Deponiefläche wird dringender für die Ablagerung von Sonderabfällen benötigt. Abhilfe wird hier nur eine Reduzierung des Abfallstromes bringen, da auch die bestehenden Müllverbrennungsanlagen nicht ausreichende Kapazitäten haben[1].

Bei der Rohfaserproduktion des Hanfes wird eine erhebliche Menge Kunstdünger[2] eingesetzt, die den Sinn eines Anbaus wirtschaftlich gesehen in Frage stellen. Abgesehen von den Aufwendungen für dessen Produktion und Transport ist die Nutzung mit großen gesundheitlichen Risiken für die Arbeiter verbunden. Ein kontrolliert biologischer Anbau (133) könnte hier Abhilfe schaffen, zumal die Faserqualität sich mit einer Düngerreduzierung noch verbessern ließe.

Zum Wachstum der Hanfpflanzen ist wesentlich weniger Wasser (141) als im Baumwollanbau erforderlich. Die Produktion und Veredlung des Hanfgewebes benötigt ebenfalls weit weniger Wasser. Unter der Annahme, daß die Hanfbekleidung weniger oft als solche aus Baumwolle gewaschen werden muß, wird auch in der Gebrauchsphase weniger Wasser verbraucht. In Anbetracht der jetzt schon vorkommenden Versalzung von Seen in der Türkei ist der hohe Wasserbedarf im Baumwollanbau als sehr negativ zu bewerten.

Sehr problematisch ist dagegen die praktizierte Wasserröste im Hanfaufschluß. Die hohen organischen Belastungen der Gewässer (142) können besonders in heißen Sommern zur Sauerstoffzehrung und damit zu deren Umkippen führen. Ebenso nachteilig ist das ungeklärte Versickern der Abwässer aus Textilproduktion und –veredlung. Neben der Belastung des Bodens ist dadurch das Grundwasser des betreffenden Gebietes nachhaltig gefährdet. Eine andere Gefahrenquelle sind die Ölverschmutzungen der Meere durch den langen Schiffstransport, insbesondere wegen der immer noch vorkommenden Reinigung von Bilgen und anderer Behälter auf hoher See.

Während im Hanfanbau nur das Stroh auf den Feldern verbrannt wird und ansonsten alle Pflanzenbestandteile genutzt werden (1511), ist bei der Baumwolle ein höheres Abfallaufkommen (151) zu verzeichnen.

Ein generelles Problem ist die ungeheure Masse an Alttextilien, die zu entsorgen sind. Hier muß langfristig ein Umdenken beim Verbraucher stattfinden, daß zu einer Längerlebigkeit der Bekleidung führt und damit die Stoffströme reduziert.

[1] Persönliche Mitteilung des technischen Leiters der MVA Stapelfeld auf einer Exkursion dorthin.

[2] Die Richtigkeit der Angaben von CLARKE vorausgesetzt.

Im Handel ist der Anfall an Plastikfolie zu nennen, mit der die Kleidung zu Schutzzwecken umhüllt ist. Diese Folie besteht hauptsächlich aus leicht entsorgbarem Polyethylen. Die anfallenden Mengen ließen sich zusammen mit einer Reduzierung des kompletten Stoffstromes leicht verkleinern. Nur am Rande hat ein weiteres Abfallproblem im Handel mit der eigentlichen Produktlinie zu tun: Die Vielzahl von verschiedenen Kunststoffbügeln, die alle andere Formen haben und aus unterschiedlichen Materialien hergestellt sind, machen deren sachgerechte Entsorgung schwierig bis unmöglich. Hier würde die Einführung eines einheitlichen Bügeltyps hinsichtlich der Entsorgbarkeit einen großen Fortschritt bedeuten. Darüber hinaus würde ein „Einheitsbügel“, mit dem Unternehmenslabel versehen, in der Promotion nützlich sein.

Durch die unterschiedlich langen Transportwege ergeben sich für beide Produktlinien voneinander abweichende Immissions– (211) und Emissionswerte (221 – 222). Aus diesem Grund ist auch die Wirkung auf Lebensräume (331) unterschiedlich. Besonders wegen des starken Düngereinsatzes im Hanfanbau ist dort mit einer erhöhten Distickoxid–Emission zu rechnen. Inwieweit dies bei Düngung mit tierischen Düngern auch eintritt, war nicht zu ermitteln.

Ebenfalls unbekannten Ausmaßes sind die Emissionen durch Abbauvorgänge von verworfener Kleidung auf unzureichend abgedichteten Deponien.

Die Wirkung auf Nutz– und Wildpflanzen (3111, 3112) ist bei den beiden Produktlinien unterschiedlich: Baumwolle wächst relativ langsam, so daß andere, wild wachsende Pflanzen auf den Feldern entfernt werden müssen, damit sie der Baumwolle nicht Licht und Nahrung nehmen. Wegen der Selbstunverträglichkeit der Baumwolle kommt es zu Ertragsdepressionen und Bodenerosion (134). Eine Fruchtfolge wird notwendig, um den Boden zu regenerieren. Hanf ist so schnellwüchsig, daß er anderen Pflanzen unter sich das Licht nimmt und auf diese Weise Konkurrenten verdrängt. Hanf wirkt auf eine Fruchtfolge bereichernd und bereitet den Boden für nachfolgende Nutzpflanzen vor.

Aufgrund der hohen Düngergaben im Hanfanbau sind die Schadstoffbelastungen (441) für die Farmer potentiell höher als im Baumwollanbau. Es sollte unbedingt verifiziert werden, ob wirklich die unglaublich große Menge von einer Tonne Kunstdünger pro Hektar auf den chinesischen Feldern ausgebracht wird. Leider hat der Verfasser des Berichtes [51] bisher nicht auf eine diesbezügliche Anfrage geantwortet.

5.2 Ökonomische Aspekte

Unterschiede in den individuellen Kosten (711) ergeben sich zwischen den Produktlinien zum einen wegen der verschieden langen Transportwege. Zum anderen ist der im Handel zu zahlenden Preis für Hanfbekleidung sehr hoch, weil sich das Produkt in der Markteinführungsphase befindet. Die Rohstoffkosten sind aufgrund der kleinen Fertigungszahlen relativ hoch. Verarbeitungsmethoden und –techniken befinden sich im Aufbau, deren Vorfinanzierung mit den ersten Verkäufen wieder eingespielt werden soll.

Leider ist wegen der Ideologisierung der Pflanze und dem Kult um die Drogennutzung eine Bewegung entstanden, die die Hanfprodukte in unverhältnismäßig hohe Preisregionen schiebt. Die Nutzung von (Faser–) Hanf ist „in“, es gilt als progressiv, Kleidung aus Hanf zu besitzen. Die in Kapitel 3 erwähnten Prinzipien der Selbsterhöhung durch Produkte finden hier in besonderem Maße Anwendung. Unbeeinflußt von der zum Teil noch minderwertigen Qualität der auf dem Markt befindlichen Hanfkleidung wird diese erworben, weil ihr das Klischee des Verbotenen anhängt und dadurch einen besonderen Reiz verschafft.

Innerhalb der „Hanf–Szene“, die sich aus ideologisch motivierten Anbietern von Produkten, pragmatischen Kaufleuten, interessierten Verarbeitern von verwandten Fasern und Wissenschaftlern zusammensetzt, bestehen stark voneinander abweichende Ansichten darüber, ob Hanfprodukte eher auf einem Massen– oder Nischenmarkt anzusiedeln sind. Die Diskussion wird oft sehr emotional geführt[3].

Externe Kosten (7211) im Umweltbereich verursachen Anbau und Verarbeitung des Hanfes. Die aus der Düngung emittierten Treibhausgase beeinflussen das globale Klima. Ähnliches gilt für transportbedingte Emissionen. Daraus erwachsende Schäden und Nachteile sind von allen Erdbewohnern gemeinschaftlich zu tragen. Die Wasserröste und die Abwässer aus der Textilerzeugung belasten Oberflächen– und Grundwasser. Unter Umständen kann dadurch die Trinkwasserversorgung gefährdet bzw. durch ein folgendes Fischsterben die Ernährungsvielfalt eingeschränkt sein. Generell sind durch die Nutzung von elektrischer Energie aus modernen fossil gefeuerten Kraftwerken externe Kosten von 0,02 DM je kWh anzurechnen [54]. (Darin sind die Kosten für klimaverändernde Wirkungen von CO_2–Emissionen allerdings noch nicht enthalten.) Für den Güterverkehr mit LKW rechnet man mit 0,10 DM je Tonnenkilometer [54] an externen Kosten.

Der Wettbewerb (831) zwischen Ökotextilien aus Hanf bzw. Baumwolle müßte eigentlich härter sein. Allein im Tai'an Distrikt wurden zwischen 1992 und 1994 etwa 8000 Tonnen Hanffaser produziert [51]. Dies entspricht der weltweit produzierten Menge an organisch angebauter Baumwolle [9]. Mengenmäßig müßten also weit mehr Hanftextilien als die aus organischer Baumwolle auf dem Markt sein. Daß dem nicht so ist, liegt daran, daß der Markt für Hanfprodukte noch nicht erschlossen ist. In den Erzeugerländern wird weitgehend für den Eigenbedarf produziert und nur ein Teil der Ernte exportiert. Zudem sind die Hanftextilien wegen der fehlenden modernen Verarbeitungstechnik nicht für den westlichen (Massen–) Markt geeignet: Der vielzitierte Normalverbraucher ist nicht bereit, für eine schlecht verarbeitete Jeans in Kartoffelsack–Optik das doppelte des üblichen Preises zu bezahlen. Der Qualitätsunterschied zu den ihm bekannten Textilien bezüglich Griff, Optik und Stil ist zu groß, als das der ökologische Vorteil zum Tragen käme und kaufentscheidend würde.

Weil in Deutschland bisher keine Hanfpflanzen angebaut werden durften und Baumwolle im hiesigen Klima nicht gedeiht, ist die Bekleidungsindustrie auf

[3] Eigene Erfahrungen im Hamburger HanfHaus.

Rohstoffimporte (851) angewiesen. Selbst wenn künftig der Hanfanbau hierzulande erlaubt ist, reicht die verfügbare landwirtschaftliche Fläche nicht zur Eigenversorgung aus. Die Textil– und Bekleidungsindustrie mit ihrer internationalen Verflechtung wird auch weiterhin weltweiten Handel benötigen.

Negativ ist die nach wie vor praktizierte Entsorgung von Altkleidern in die sogenannte dritte Welt. Die abgetragene Kleidung der ersten Welt ist billiger als die dort in Handarbeit gefertigen Stoffe und Kleider. Dadurch wird die heimische Textilherstellung verdrängt (7212).

5.3 Rechtliche und soziale Aspekte

In punkto Arbeitsqualität (411), –zufriedenheit (412) und geschlechtsspezifischer Arbeitsteilung (451) sind die Lebensphasen der Fasererzeugung und Faserverarbeitung bei beiden Produktlinien problematisch. Die Arbeitsbedingungen im allgemeinen und die Gleichberechtigung im besonderen sind in der Volksrepublik China als unterentwickelt zu bezeichnen. Der Technisierungsgrad der Türkei ist zwar höher, doch auch dort finden Kinderarbeit und Benachteiligungen von Frauen in der Arbeitswelt statt. Diese Zustände zu ändern ist natürlich vorrangig Aufgabe der Politik, doch kann auch der Handel als Bindeglied zwischen Produktion und Konsum lenkend eingreifen. Vom Käufer gestellte Auflagen können manchmal eher eine Änderung der Produktionsweise bewirken als Vorgaben und Ziele aus der Politik (vgl. Naturkost). Zu dieser Einschätzung kommt auch die Studie [8]: „Der Konsument könnte [...] Motor einer strukturellen Ökologisierung der textilen Kette sein“.

Im sozialen Bereich (7212) treten externe Kosten durch die Beschäftigung von Tagelöhnern bei der Baumwollernte auf. Die Tagelöhner reisen nur für den Zeitraum der Ernte in die Anbaugebiete an, arbeiten einige Wochen im Akkord und müssen den Rest des Jahres ihren Lebensunterhalt von diesen Einkünften bestreiten. Die ohnehin in den ländlichen Regionen herrschende Armut wird durch Kinderarbeit noch verschlimmert: Wo Kinder Hungerlöhne bekommen, können Erwachsene nicht konkurrieren, werden arbeitslos und verschulden sich.

Entsorgung	Gebrauch	Transport	Handel/Vertrieb	Konfektionierung	Veredelung	Textilproduktion	Primärproduktion		
	△ !	△ !				△	△	111	Energetischer Aufwand
	△ !	△					△	121	Rohstoffverbrauch
		△		△			△	1211	— davon nicht regenerierbar
!								131	Flächenentzug
								132	monokulturelle Erzeugung
							△ !	133	kontr. biol. Anbau
							△	134	Bodenerosion
	△ !					△	△	141	Wasserverbrauch
!		!			△ !	△ !	△ !	142	Wasserqualität
!			!				△	151	Abfallaufkommen
							△	1511	nutzb. Kuppelprodukte
							△ ?	1512	nicht nutzb. Kuppelprodukte
	?	△ !						211	Immissionen
? !		△ !					? !	221	gasf. Emissionen
	△	△			△ !	△ !	△ !	222	flüss. Emissionen
							? !	223	feste Emissionen
								311	Flora
							△	3111	Nutzpflanzen
							△	3112	Wildpflanzen
								321	Fauna
?		△						331	Wirkung auf Lebensräume
							? !	411	Arbeitsqualität
	!			?			?	421	Arbeitszufriedenheit
	?						?	431	Arbeitsunfälle
?	?						? !	441	Schadstoffbelastungen am Arbeitsplatz
	!			?			?	451	Geschlechtsspezifische Arbeitsteilung
								511	Individ. Gestaltungsmöglichkeiten
						!	△ ?	521	Gesundheit/Wohlbefinden
? !		!		△				531	Sicherheit
	△ !	△					△ !	711	individ. Kosten
								721	externe Kosten
!		△ !			△ !	△ !	△ !	7211	– im Umweltbereich
!					? !	? !	? !	7212	– im sozialen Bereich
			!					731	Produktqualität
		?						811	Arbeitsvolumen
								8111	– formelles Arbeitsvolumen
	!							8112	– informelles Arbeitsvolumen
								821	Kapitalaufwand
	!						△ !	831	Konzentration/Wettbewerb
!								851	internat. Arbeitsteilung

Tabelle 5.1: Die Auswertungsmatrix im Bedürfnisfeld Kleidung
Legende: ! = Konfliktfeld △ = Differenzfeld ? = offene Fragen

Kapitel 6

Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

Eigenschaften der Fasern

Der Verlauf der Arbeit hat gezeigt, daß die Pflanzenfasern Baumwolle und Hanf grundsätzlich für die Fertigung von robusten Stoffen geeignet sind. Aus diesen Stoffen läßt sich Bekleidung herstellen, die zum Trekking geeignet ist. Die Reißfestigkeit der Fasern ist gut. Die Scheuerfestigkeit liegt unter der von synthetischen Fasern, ließe sich aber durch z. B. die Verwendung von Garnen aus dem Rotorspinnverfahren noch erhöhen. Dazu ist allerdings für Hanffasern eine Vorbehandlung erforderlich (siehe unten).

Beide Fasern nehmen Feuchte, also auch Schweiß, gut auf. Hanf ist in der Lage, etwa 30 % mehr Feuchte aufzunehmen als Baumwolle. Die Trocknungsdauer liegt entsprechend höher. Für Reisen in warme Gebiete bietet Hanfkleidung einen potentiellen Vorteil gegenüber Baumwollkleidung — bei Reisen in kühle und regnerische Gebiete ist die lange Trockenzeit ein Nachteil.

Das Anschmutzverhalten und die Reinigungsfähigkeit sind bei Hanffasern aufgrund der Fasergeometrie besser als bei Baumwollfasern. Die Tragedauer von Hanfkleidung liegt damit potentiell über der von Baumwollkleidung. Pflegezyklen sind entsprechend seltener. Einem Einsatz auf Rucksackreisen, auf denen die Möglichkeiten und Gelegenheiten zur Kleiderreinigung selten sind, kommt dies entgegen.

Von den stofflichen Eigenschaften ist Hanf als Grundstoff für Trekkingkleidung gut geeeignet mit einer Präferenz des Einsatzes in warmen Regionen.

Ökologie der Produktlinie

Die Produktlinie der Hanfkleidung ist hinsichtlich des Verbrauches von Energie, Rohstoffen und Wasser deutlich günstiger als die der Baumwollkleidung. Das liegt zu einem großen Teil aber an den traditionellen Verarbeitungsmethoden

in China. Angesichts der natürlichen Ökologie der Hanfpflanze (Pestizide nicht nötig, Überdüngung führt zu verminderter Faserqualität) ist der immense Gebrauch von Dünger im chinesischen Anbau nur als Irrsinn zu bezeichnen, der überdies den Anbau nahezu unwirtschaftlich macht. Der Verbleib der Rösteabwässer ist der zweite ökologische Makel in der Produktlinie des Hanfes. Ihre Verwendung als Dünger wäre besser als der jetzige Zustand. Idealerweise sollte jedoch ein anderes Verfahren zum Faseraufschluß angewendet werden (siehe unten).

Für die in der Textilproduktion des Hanfes anfallenden Abfälle und Abwässer gilt sinngemäß das gleiche. Dort ist unbedingt eine Abwasserbehandlung einzuführen.

Dank des niedrigeren Energieverbrauches in der Textilproduktion fällt der lange Transportweg im Vergleich zur Baumwollkleidung nicht ins Gewicht. Grundsätzlich sollte ein Augenmerk auf möglichst kurze Wege zwischen den Produktionsstufen gelegt werden. Nicht nur wegen der verringerten Emissionen, sondern auch aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sind kurze und schnelle Wege sinnvoller.

Der hohe Verbrauch von Energie, Waschmitteln und Wasser zur Kleidungspflege ist nicht spezifisch für Hanf– oder Baumwollkleidung, dies ist ein generelles Problem der hohen Waschhäufigkeit von Kleidung. Eine diesbezügliche Änderung der Gewohnheiten in der Bevölkerung ist in naher Zukunft nicht zu erwarten. Die geringere Anschmutzungsneigung von Hanffasern gegenüber denen aus Baumwolle bietet in dieser Hinsicht zwar einen Vorteil, sollte aber nicht überbewertet werden.

Eine Verringerung der Stoffströme in der Textilindustrie ist, ebenfalls stoffunspezifisch, nur durch eine Längerlebigkeit der Produkte zu erreichen. Voraussetzung ist eine entsprechende Akzeptanz und Bereitschaft in der Bevölkerung, die über eine gebremste aber zielgerichtete Nachfrage das Angebot auf dem Markt in diese Richtung lenken könnte.

Die Einschränkung des Materialmix in der Textilproduktion aus modischen Gründen könnte im Sinne einer größeren Sortenreinheit das Rezyklieren von Kleidung erleichtern. Wie die Längerlebigkeit ist auch diese Änderung der Produktion nicht in naher Zukunft zu erwarten und erscheint nur durch eine entsprechende Nachfrage angeregt werden zu können.

Ökonomie

Aufgrund ihrer Eigenschaften hat die Hanffaser vor allem im Bereich der schadstoffarmen Ökotextilien eine Chance am Markt. Dieser Markt ist derzeit von Produkten aus Leinen und kontrolliert biologischer Baumwolle dominiert. Um diese Rohstoffe ersetzen zu können, müßte bei vergleichbaren oder niedrigeren Produktionskosten eine Faser mit besserer Qualität erzeugt werden. Mit den bisherigen traditionellen Verfahren ist dies nicht möglich: Die Hanffasern sind zu grob und wenig dehnfähig, um auf modernen Maschinen verarbeitet zu werden.

Angesichts der hohen zu erwartenden Investitionskosten für die Entwicklung entsprechender Technologie erscheint es sinnvoller, die Faser für die Verarbeitung auf bestehenden Anlagen der Woll– oder Baumwollindustrie zu modifizieren. In Frage kommen dafür derzeit drei Verfahrenstypen:

- der Dampfdruckaufschluß (IAF, Reutlingen),
- ein enzymatischer Aufschluß oder
- der Ultraschallaufschluß (ECCO Gleittechnik GmbH, Seeshaupt).

Diese Verfahren sind grundsätzlich in der Lage, Fasern zu liefern, die sich auf modernen Anlagen der Textilindustrie zu feinen und hochwertigen Garnen verarbeiten lassen. Mit den genannten Verfahren ist jeweils ein erheblicher Aufwand verbunden, doch liefern sie Produkte mit hoher Wertschöpfung [27]. Welches der Verfahren letzten Endes ökologisch und ökonomisch betrachtet das beste ist, läßt sich erst im Probebetrieb feststellen. Für das Ultraschallverfahren soll derzeit eine Anlage im Industriemaßstab in Bau sein.

Im Bereich der Outdoorbekleidung herrschen, wie eingangs erwähnt, hauptsächlich Mischgewebe und Baumwolle vor. Mit den zur Zeit verfügbaren Hanffaserqualitäten besteht keine Chance, die Mischgewebe zu ersetzen. Diese sind leichter, trocknen schneller und sind überdies pflegeleichter als vergleichbare Hanftextilien. Outdoorkleidung aus Baumwolle könnte aber durch solche aus Hanf ergänzt, mit ihr kombiniert und unter Umständen langfristig durch sie ersetzt werden. Mit den schon jetzt verfügbaren Garnqualitäten sind die Ansprüche an die Kleidung hinsichtlich Robustheit und Funktionalität erfüllbar.

Wenn dem Konsumenten eine ökologische Alternative zum konventionellen Produkt in gleicher Qualität und zum vergleichbaren Preis angeboten wird, ist die Bereitschaft zum Kauf hoch [55]. Diese Tendenz ist in der Auswertung der Befragung wiederzuerkennen. Der heutige Verbraucher unterstützt zwar den Umweltschutzgedanken, ist aber nicht bereit, dafür auf Qualität und Bequemlichkeit (*Convenience*) zu verzichten. Moralisierende Umerziehungsversuche mit erhobenem Zeigefinger zeigen keine Wirkung bzw. erreichen das Gegenteil des angestrebten Zieles.

Der Kundenwunsch nach Outdoorkleidung aus Hanf läßt sich auch aus den Antworten im Fragebogen erkennen. Die 1995 aufgelegte Kollektion war eher von gehobener Aufmachung. Bei den Anforderungen an künftige Kleidung aus Hanf war von fünfzig Prozent der Befragten Funktionalität gewünscht. Nur die Anforderung an hohe Qualität war mit sechzig Prozent häufiger genannt worden. Da die Befragten allesamt zum Kundenstamm von Globetrotter Ausrüstungen gehören, verbinden sie mit dem Firmennamen ein Sortiment von hochwertigen Textilien für den Sport– und Freizeitbereich. Diese zeichnen sich in der Regel durch eine Funktionalität aus, die von anderen Anbietern nicht geliefert wird. Die Kunden merken dem Sortiment an, daß es von Leuten zusammengestellt ist, die die Produkte selber nutzen und wissen, auf welche Details es ankommt.

Das Vertrauen des Konsumenten in die Kompetenz und die Erfahrung des Anbieters ist ein wichtiger Faktor für dessen Bindung an das Unternehmen. Diesem Vertrauen gilt es, durch einen hohen Qualitätsstandard der vertriebenen Produkte gerecht zu werden. In Zeiten, in denen der Konsument zunehmend durch Medienberichte auf neue Umweltbedrohungen hingewiesen wird und entsprechend sensibilisiert ist, muß der hohe Qualitätsstand auch auf die Produktökologie erweitert werden. Die Einführung eines Qualitätsmanagementsystemes im Unternehmen bietet dazu gute Möglichkeiten. Durch die Schaffung der Stelle eines Qualitätsbeauftragten ist der erste Schritt in diese Richtung getan. In Zukunft sollte der Einkauf des Unternehmens noch stärker Aspekte des Umweltschutzes in die Entscheidungen zur Produktauswahl mit einfließen lassen.

Spätestens ab der Jahrtausendwende werden die Energiepreise in der Welt steigen, da sie an die Preise des Erdöls gekoppelt sind, welches dann zur Neige geht. Die höheren Transportkosten könnten unter Umständen die Zurückverlagerung der Produktion in die Nähe des Marktes zur Folge haben, da sie dann die Vorteile der Billiglöhne in anderen Ländern aufheben. Wer heute schon rohstoff– und energiesparend produziert bzw. entsprechende Produkte vertreibt, wird dann Vorteile haben.

Anhang A

Fragebogen zu Eigenschaften von Hanfbekleidung

Verbraucherbefragung: Eigenschaften von Hanfkleidung

Sehr geehrte Hanf-Kundin, sehr geehrter Hanf-Kunde!

Seit zwei Jahren erlebt der Hanf als Lieferant nachwachsender Rohstoffe ein enormes Comeback. Zusätzlich zu seinen traditionellen Verfechtern haben sich viele Personen aus Industrie, Wirtschaft und Politik seiner angenommen, die von seinem Potential überzeugt sind und die Nutzung vorantreiben wollen. Ein großes Symposium fand Anfang des Jahres in Frankfurt a. M. statt, auf dem sich Wissenschaftler und Anwender über Hanf als Rohstofflieferant austauschten.

Viele Produkte sind seitdem auf den Markt gekommen, unter anderem auch Textilien aus Hanf oder Hanfmischgewebe. Leider gibt es noch wenig aktuelle Literatur über Hanf und seine vielfältigen Eigenschaften. In den Werken der letzten Jahre wird Hanf meistens nicht entsprechend berücksichtigt. Im Rahmen einer Diplomarbeit über ökologische Kleidung, die ich in Zusammenarbeit und mit Unterstützung der Globetrotter Ausrüstungen GmbH erstelle, wende ich mich daher an Sie und möchte Sie in diesem Fragebogen nach Ihren Erfahrungen bezüglich Trage- und Pflegeeigenschaften von Hanfbekleidung befragen.

Vorweg möchte ich mich aber schon bei Ihnen dafür bedanken, daß Sie sich die Zeit nehmen diese Fragen zu beantworten!

- Wie lange besitzen sie das Kleidungsstück schon?[1]

  [ ] 4 Wochen
  [ ] Vierteljahr
  [ ] länger

[1] Zutreffendes ankreuzen

- Wie bewerten sie die Trageeigenschaften von Hanfkleidung:
- Hautgefühl

  [ ] angenehmes Gefühl
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht
  [ ] unangenehmes Gefühl
  [ ] (.....)[2]

- Griff und Härte des Gewebes

  [ ] das Gewebe ist sehr hart und derbe
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht
  [ ] das Gewebe wird beim Tragen weicher
  [ ] (.....)

- Luftzirkulation

  [ ] gute Belüftung
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht
  [ ] schlechte Belüftung
  [ ] (.....)

- Feuchteregulation (Schweißaufnahme und -abgabe)

  [ ] Kleidung nimmt Schweiß auf und gibt ihn wieder ab
  [ ] Kleidung nimmt Schweiß auf und gibt ihn nicht wieder ab
  [ ] Kleidung nimmt Schweiß nicht auf, klebt auf der Haut
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht
  [ ] (.....)

- Wärmeregulation

  [ ] mir wird es schnell zu warm in der Kleidung
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht
  [ ] im Sommer ist die Kleidung angenehm kühl
  [ ] mir wird es schnell zu kühl in der Kleidung

[2] Stichworte genügen

[ ] (.....)

- Strapazierfähigkeit

  [ ] Kleidung ist sehr strapazierfähig
  [ ] Kleidung ist strapazierfähiger als andere
  [ ] weiß nicht
  [ ] Kleidung ist genauso strapazierfähig wie andere
  [ ] Kleidung ist nicht sehr strapazierfähig
  [ ] (.....)

- Wann und zu welchen Gelegenheiten tragen Sie Kleidung aus Hanf?

  [ ] Arbeit–Büro
  [ ] Arbeit–Handwerk
  [ ] Arbeit–andere
  [ ] Freizeit–zuhause
  [ ] Freizeit–draußen
  [ ] (.....)

- Aus welchem Material ist die Kleidung, die sie bei diesen Gelegenheiten trugen bevor Sie das Hanfkleidungsstück kauften?

  [ ] Baumwolle
  [ ] Wolle
  [ ] Chemiefaser
  [ ] Mischgewebe
  [ ] Leder
  [ ] (.....)

- Bei welche Gelegenheiten hat sich die Hanfkleidung bisher besonders bewährt, bei welchen war sie überhaupt nicht zu gebrauchen?

  – besonders bewährt: (.....)
  – nicht zu gebrauchen: (.....)

- Pflegeeigenschaften:

- Wie bewerten Sie die Schmutzaufnahme durch die Kleidung?

  [ ] gut, nimmt kaum Schmutz an
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht

[ ] schlecht, Kleidung wird schnell schmutzig
[ ] (.....)

- Wie bewerten Sie die Annahme von (Körper-)Gerüchen?

  [ ] gut, nimmt kaum Gerüche an
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht
  [ ] schlecht, Kleidung nimmt Gerüche an
  [ ] (.....)

- Wie bewerten Sie die Waschbarkeit (Aufwand zum Entfernen von Schmutz) der Hanfkleidung ?

  [ ] Kleidung wird kaum schmutzig, Luftbad genügt
  [ ] gut, Kleidung wird immer sauber
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht
  [ ] schlecht, Schmutz läßt sich kaum entfernen
  [ ] (.....)

- Wie bewerten Sie das Trockenverhalten der Hanfkleidung?

  [ ] gut, Kleidung trocknet schnell
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht
  [ ] schlecht, Kleidung bleibt lange naß
  [ ] (.....)

- Wie bewerten Sie die Pflegeleichtigkeit (Bügeln etc.)?

  [ ] gut, Kleidung braucht kaum gebügelt werden
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] weiß nicht, bügele nie
  [ ] schlecht, Kleidung ist nach Waschen hart und knitterig
  [ ] (.....)

- Wie oft waschen Sie Ihre Hanfkleidung?

  [ ] nach einmaligem Tragen
  [ ] nach mehrmaligem (bis zu fünf) Tragen
  [ ] nach mehrmaligem (mehr als fünf) Tragen
  [ ] (.....)

- Wie bewerten Sie Tragedauer und Waschzyklus im Vergleich mit anderen Textilien? (Mehrere Kreuze möglich!)

  [ ] öfter waschen als Baumwollkleidung
  [ ] genauso oft waschen wie Baumwollkeidung
  [ ] seltener waschen als Baumwollkleidung
  [ ] öfter waschen als Wollkleidung
  [ ] genauso oft waschen wie Wollkeidung
  [ ] seltener waschen als Wollkleidung
  [ ] öfter waschen als Chemiefaserkleidung
  [ ] genauso oft waschen wie Chemiefaserkeidung
  [ ] seltener waschen als Chemiefaserkleidung
  [ ] öfter waschen als Mischgewebekleidung
  [ ] genauso oft waschen wie Mischgewebekeidung
  [ ] seltener waschen als Mischgewebekleidung

- Womit waschen Sie Ihre Hanfkleidung?

  [ ] Vollwaschmittel
  [ ] Feinwaschmittel
  [ ] Ökowaschmittel
  [ ] Ökowaschmittel, Baukastenprinzip
  [ ] (.....)

- Falls Sie ein farbiges Kleidungstück besitzen, wie sind Sie mit der Farbfixierung zufrieden?

  [ ] gut, Kleidung färbt nicht ab
  [ ] normal, wie bei anderer Kleidung auch
  [ ] schlecht, Kleidung blutet beim Waschen aus
  [ ] Kleidung ist nicht gefärbt
  [ ] (.....)

- Wie sind Sie mit dem Stil, dem Schnitt, der Paßgenauigkeit und der Verarbeitung allgemein zufrieden? (Mehrere Kreuze möglich!)

  [ ] ist zu modisch
  [ ] ist zu unmodisch
  [ ] ist praktisch
  [ ] ist unpraktisch
  [ ] ist gut geschnitten

[ ] ist schlecht geschnitten
[ ] Farbe gefällt mir
[ ] Farbe gefällt mir nicht
[ ] paßt gut
[ ] paßt schlecht
[ ] Größe stimmt
[ ] Größe stimmt nicht
[ ] ist gut verarbeitet
[ ] ist schlecht verarbeitet
[ ] (.....)

- Wie bewerten Sie den Preis, den Sie für die Hanfkleidung zahlen mußten?

  [ ] ist angemessen
  [ ] würde auch mehr dafür bezahlen
  [ ] ist zu teuer
  Begründung: (.....)[3]

- Sind Sie insgesamt mit der Kleidung und ihren Eigenschaftn:

  [ ] zufrieden?
  [ ] unzufrieden?

- Würden Sie sich wieder Kleidung aus Hanf kaufen?

  [ ] Ja, warum nicht?
  [ ] Nein, nie wieder!
  [ ] Unter Umständen[4]
  [ ] Ich werde nur noch Hanfkleidung kaufen.
  [ ] Wenn ich ein schönes Stück sehe, kaufe ich es. Egal aus welchem Material es gemacht ist.
  [ ] Ich kaufe aus Überzeugung nur Kleidung aus Naturtextilien und Hanf ist da eine weitere Alternative.
  [ ] Weiß nicht.
  [ ] (.....)

- Wie müsste Hanfkleidung in Zukunft sein? (Bitte nicht mehr als fünf Kreuze!)

  [ ] modisch

[3] Bitte begründen Sie ihre Antwort kurz!
[4] siehe nächste Frage

[ ] farbig
[ ] günstig
[ ] ökologisch
[ ] funktionell
[ ] gut geschnitten
[ ] paßgenau
[ ] robust
[ ] pflegeleicht
[ ] weich, fließend
[ ] gut verarbeitet
[ ] (.....)

- Vielleicht haben Sie noch Kritikpunkte, Ideen oder Anregungen die ich nicht bedacht habe?

  .....
  .....
  .....
  .....

A.1 Auswertung der beantworteten Fragebögen

Die Fragebögen wurden per Post an Kunden verschickt, die über den Globetrotter–Versand Hanfbekleidung bestellt haben. Nach Bereinigung um Doppelbestellungen und Stornierungen verblieben etwa 300 Adressaten. Zusammen mit den in der Belegschaft verteilten Bögen ergab sich eine Pool von 315 Fragebögen, von denen 110 beantwortet zurück kamen. Der Rücklauf von 35 % ist ziemlich hoch[5] und vermutlich darauf zurückzuführen,

- daß frankierte Rückantwortumschläge beigefügt waren,
- daß den Käufern von Hanfbekleidung ein gewisses Umwelt–Engagement unterstellt werden darf[6], das sich in dieser Form der Unterstützung äußert.

Besitzdauer

27 Prozent der Verbraucher war zum Zeitpunkt der Befragung seit einem Vierteljahr im Besitz der Bekleidung, 61 % sogar schon länger. Drei Prozent hatten die Kleidung erst seit 4 Wochen und neun Prozent noch kürzer, bzw. hatte die Bekleidung aus verschiedenen Gründen retourniert.

Einen wöchentliche Pflegerhythmus vorausgesetzt, hatten also fast 90 Prozent der Käufer schon die Erfahrung von mindestens 12 Pflegezyklen hinter sich.

[5] Erfahrungswerte von Globetrotter–Mitarbeitern.
[6] Siehe Kapitel „Handlungsempfehlungen“.

Hautgefühl

56 % der Befragten befanden das Hautgefühl beim Tragen der Kleidung als angenehm, während 24 % keinen Unterschied zu Kleidung aus anderem Material feststellen konnten. 13 % der Befragten konnten keine Aussage zum Hautgefühl machen, weil sie Westen, Jackets oder mit Seide ausgefütterte Kleidung besitzen. Die Frage war insofern ungeschickt formuliert, als sie nicht nach der Art der Bekleidung unterschied. Die Intention war jedoch, unabhängig von der Art Bekleidung Erfahrungen bezüglich der Pflege zu erhalten. Nur ein Prozent der Antwortenden fanden das Hautgefühl der Kleidung unangenehm. Die restlichen sechs Prozent machten keine oder nicht verwertbare Angaben.

Griff und Härte des Gewebes

33 % der Befragten befanden den Griff des Gewebes als hart und derbe, 21 % meinten, der Griff würde beim Tragen weicher. Elf Prozent machten bei diesen Angaben Doppelnennungen aus den beiden vorgenannten Möglichkeiten. Zwölf Prozent konnten keinen Unterschied zu Kleidung aus anderen Materialien feststellen, 8 % machten überhaupt keine Angaben. 6 % machten eigene Angaben, die von „kratzig“ bis „fühlt sich an wie Stacheldraht“ reichten.

Luftzirkulation

Von allen Befragten bescheinigten 60 % der Hanfkleidung eine gute Belüftungsfunktion, 25 % konnten keinen Unterschied zu anderer Klediung feststellen und 15 % konnten keine Erfahrungen mitteilen (noch nicht lange genug getragen, Weste, keine Angaben).

Feuchteregulation

Einundvierzig Prozent der befragten Verbraucher finden, daß Hanfbekleidung Schweiß aufnimmt und ihn wieder abgibt. 25 % können keinen Unterschied zu anderer Kleidung feststellen und weitere 25 % hatten keine entsprechenden Beobachtung gemacht. Sechs Prozent machten keine verwertbaren Angaben und nur vier Prozent finden, daß Hanfkleidung Schweiß aufnimmt und ihn nicht wieder abgibt.

Strapazierfähigkeit

29 % der Befragten finden Hanfbekleidung sehr strapazierfähig, 25 % finden sie sogar strapazierfähiger als Kleidung aus anderem Material, während 16 Prozent die Kleidung als genauso strapazierfähig wie andere beurteilen. Achtundzwanzig Prozent konnten keine entsprechenden Beobachtungen machen und nur 2 Prozent befanden sie weniger strapazierfähig als andere Kleidung.

Wärmeregulation

Fast die Hälfte (48 %) der Befragten findet die Hanfbekleidung als angenehm kühl. Damit bestätigt sich die vermutete Eignung als Sommerbekleidung. Sechsundzwanzig Prozent stellten keinen Unterschied zu anderer Kleidung fest und 19 % konnten keine entsprechenden Angaben machen. Nur 3 % fanden die Kleidung zu warm und vier Prozent der Antworten waren nicht bewertbar.

Tragegelegenheiten

Vierzig Prozent der Verbraucher tragen die Hanfkleidung zu Freizeitaktivitäten im Freien, während 29 % sie in ihrer Freizeit zuhause tragen. Neunzehn Prozent tragen sie bei der Arbeit im Büro, zwei Prozent bei handwerklichen Arbeiten und sieben Prozent bei anderen Arbeiten. Drei Prozent benutzen die Kleidung bei sonstigen Anlässen. Mehrfachnennungen waren möglich.

Substitution bisher verwendeter Materialien

Die Hälfte der Befragten trugen bei den entsprechenden Gelegenheiten sonst Kleidung aus Baumwolle, neunzehn Prozent trugen Bekleidung aus Mischgewebe. Andere genannte Materialien waren Wolle (14 %), Leder (7 %), Leinen (3 %) und Chemiefaser (3 %). Vier Prozent der Befragten machten hier keine oder nicht–bewertbare Angaben. Mehrfachnennungen waren möglich.

Schmutzaufnahme

Fast die Hälfte der Befragten (46 %) konnten keinen Unterschied zu anderer Bekleidung feststellen, 33 % waren der Meinung, Hanfbekleidung nimmt weniger Schmutz als andere Materialien an. Sieben Prozent der Befragten waren der Meinung, die Hanfbekleidung würde schneller schmutzig als andere und vierzehn Prozent hatten keine entsprechenden Beobachtungen gemacht.

Geruchannahme

Dreiundvierzig Prozent der Antwortenden finden, daß Hanfkleidung kaum Gerüche annimmt, 37 % stellten keinen Unterschied zu anderen Materialien fest und 17 Prozent hatten keine diesbezüglichen Beobachtungen gemacht. Ein Prozent der Befragten finden, daß Hanfkleidung Gerüche annimmt und zwei Prozent der Antworten waren nicht zu bewerten.

Waschbarkeit – Aufwand zum Reinigen

Entsprechend den Angaben bei der Schmutzannahme finden 30 Prozent der Befragten, daß Hanfkleidung leicht zu waschen sei und immer sauber werde.

Neun Prozent finden, daß deshalb ein Waschen nicht nötig sei und meistens das Lüften der Kleidung genügt. 41 % konnten keinen Unterschied zu anderer Kleidung feststellen und 19 % hatten keinerlei entsprechende Beobachtungen gemacht. Die restlichen ein Prozent der Antwortenden machten nicht–bewertbare Angaben.

Trocknungsverhalten

Einundvierzig Prozent der Befragten finden, daß bezüglich der Trocknungsgeschwindigkeit kein Unterschied zu anderer Kleidung festzustellen ist. 18 % finden, Hanfbekleidung trocknet schnell, 9 % finden, sie trocknet langsam. Immerhin 32 % der Befragten hat hierzu keine Beobachtungen gemacht.

Pflegeleichtigkeit – Aufwand beim Bügeln

Fünfundzwanzig Prozent der Befragten kann keinen Unterschied zu anderer Kleidung feststellen, während 23 % der Meinung sind, die Kleidung müßte mehr und länger als andere gebügelt werden. Vierzehn Prozent sind dagegen der Meinung, die Kleidung müßte weniger als andere gebügelt werden. Fünf Prozent machten eigene Angabenm die nicht bewertbar waren. Ganze 33 % konnte keine Angaben zum Bügeln machen, sei es weil sie generell keine Kleidung bügeln oder weil sie keine entsprechenden Beobachtungen gemacht haben.

Waschhäufigkeit

43 % der Befragten waschen ihre Hanfkleidung nach bis zu fünfmaligem Tragen, 27 % sogar nach erst nach mehr als fünfmaligem Tragen. Zwei Prozent waschen sie schon nach einmaligem Tragen. Die restlichen 28 % machten andere Angaben. Von diesen 28 % gaben 37 % an, sie würden die Kleidung nach Bedarf, also nicht nach einer festgelegten Tragedauer waschen. Siebzehn Prozent hatten die Kleidung noch nicht lange genug, um sie waschen zu müssen und 46 % machten keine Angaben.

Waschzyklen

Die Waschzyklen der Hanfkleidung im Vergleich zu denen aus anderen Materialien zeigten erwartungsgemäß starke Abweichungen voneinander:

Waschmittel

Zweiunddreißig Prozent der Befragten benutzen Feinwaschmittel zur Reinigung ihrer Hanfkleidung, 28 % hingegen Vollwaschmittel. Sieben Prozent benutzen Ökowaschmittel, 10 Prozent Ökowaschmittel nach dem Baukastenprinzip. Zwei Prozent benutzen andere Mittel (Neutralseife etc.) und 21 % machten keine Angabe zum verwendeten Waschmittel.

Waschzyklen im Vergleich zu	Baumwolle	Wolle	Mischgewebe	Chemiefaser
öfter	2 %	14 %	3 %	2 %
genauso oft	36 %	13 %	13 %	5 %
seltener	43 %	22 %	24 %	36 %
keine Angabe	19 %	51 %	60 %	58 %

Tabelle A.1: Vergleich der Waschzyklen von Hanfkleidung mit denen von Kleidung aus anderen Materialien (Mehrfachnennungen möglich.)

Farbfixierung

Die überwiegende Mehrheit (88 %) der Befragten besitzt ungefärbte Kleidung, die restlichen Nutzer sind entweder mit dem Abfärbverhalten bei der Maschinenwäsche zufrieden (6 %) oder haben keine Unterschiede zu dem Verhalten anderer Kleidung feststellen können (6 %).

Stil, Paßgenauigkeit und Verarbeitung

Modische Erwägungen schienen beim Kauf der Hanfkleidung eine untergeordnete Rolle zu spielen: Vier der Befragten fanden die Kleidung zu modisch und drei fanden sie zu unmodisch. Wichtiger war den meisten hingegen eine gute Verarbeitung der Kleidung (73 pro, 5 contra), gefolgt von ihren praktischen Eigenschaften (69 pro, 4 contra). Die nächstwichtigsten Punkte waren guter Schnitt (57 pro, 12 contra) und hohe Paßgenauigkeit (56 pro, 7 contra). Eine falsche Konfektionsgröße (41 pro, 10 contra) wird als weniger schlimm als eine falsche Farbe (44 pro, 2 contra) angesehen. Mehrfachnennungen waren möglich.

In dieser Hinsicht zeichnet sich bei den Hanfkunden ein anderes Verhalten ab, als man es in der Branche von Kleidungskäufern gewohnt ist. Zwar ist die Umfrage nicht–repräsentativ, weist aber doch auf einen Trend hin, der weg von irrationalen, modischen Kaufgründen hin zu rationalen, pragmatischen Abwägungen führt. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Beobachtungen, die in anderen Bereichen von Naturprodukten gemacht wurden [55].

Preiswürdigkeit

Neunundfünfzig Prozent der Befragten fanden den Preis für die Hanfkleidung angemessen, 33 % fanden ihn zu teuer, 4 Prozent machten Doppelnennungen in diesem Bereich und 4 Prozent hatten dazu keine Meinung.

Zufriedenheit

93 % der Befragten sind mit ihrer gekauften Hanfkleidung insgesamt zufrieden. Nur ein Prozent ist unzufrieden und 6 % haben sich dazu nicht geäußert.

Kaufbereitschaft

Sechzig Prozent der Befragten ist durchaus bereit, wieder Kleidung aus Hanf zu kaufen. Keiner ist jedoch so überzeugt, daß er nur noch Hanfkleidung kaufen würde. 23 % der Befragten kauft grundsätzlich nur Kleidung aus Naturtextilien und sieht Hanf als eine weitere Alternative an. Sieben Prozent der Befragten ist das Material ihrer Kleidung egal, sie kaufen nur nach modischen Erwägungen (Abweichend von den Angaben unter Stil und Paßgenauigkeit.). Sechs Prozent machten die Kaufbereitschaft von bestimmten Kriterien abhängig (siehe nächste Frage), bei zwei Prozent der Befragten war die Antwort ausgeblieben und nur zwei Prozent würden sich unter keinen Umständen wieder Hanfkleidung kaufen.

Anforderungen an zukünftige Kleidung aus Hanf

Wegen der Möglichkeit der Mehrfachnennung addieren sich bei dieser Übersicht die prozentualen Angaben nicht zu 100 Prozent.

Sechzig Prozent der Befragten machen von der guten Qualität der Kleidung einen erneuten Kauf abhängig. An zweiter Stelle mit 50 % der Nennungen steht die Funktionalität der Kleidung, gefolgt von ihrer Ökologie und dem Schnitt (jeweils 47 %). Daran schließen sich ihr Preis (37 %), ihre Langlebigkeit (36 %) und ihre Pflegeleichtigkeit (28 %) an. Wesentlich später folgen Paßgenauigkeit (19 %), Farbe (18 %), Weichheit (16 %) und Mode (10 %).

Zusammenfassung der Fragebogenauswertung

Die Umfrage sollte im wesentlichen klären, ob die Wasch– und Pflegegewohnheiten der Verbraucher sich mit den Eigenschaften der Kleidung ändern. Dies scheint ziemlich sicher der Fall zu sein: 70 % der Nutzer waschen ihre Kleidung frühestens nach dem fünften Tragen, obwohl sie von vierzig Prozent der Befragten während der Freizeit im Freien getragen wird und damit ziemlich exponiert ist. Angesichts der sonst weit verbreiteten Gewohnheit, Kleidung schon nach einmaligem Tragen zu waschen (gerade Leibwäsche), ist die in der Befragung gefundene Tendenz eine klare Abweichung davon. Dazu passen die Antworten bezüglich der Waschhäufigkeit im Vergleich zu anderen Materialien: Hanfkleidung wird prinzipiell genauso oft, eher aber seltener als Baumwollkleidung gewaschen. Die hohen Anteile der fehlenden Angaben bei den Vergleichen mit Wolle, Mischgewebe und Chemiefaser legen den Schluß nahe, daß diese Materialien von den Befragten kaum getragen werden und deshalb keine Erfahrungen mit deren Pflege vorliegen. In jedem Fall überwiegen immer die Nennungen, daß Hanf seltener als das verglichene Material zu waschen sei.

Des weiteren sollte die Umfrage ermitteln, welche Ansprüche die Kunden an die Hanfbekleidung haben. Mit dieser Information können eventuelle Abweichungen der bisherigen Kollektion davon erkannt und, wenn möglich, beseitigt werden.

Interessant ist die hohe Präferenz der Produktqualität als Kriterium für einen erneuten Kauf von Hanfkleidung. Sie läßt vermuten,

- daß die Käufer hohe Qualität von konventionellen Produkten gewohnt sind und diese auch bei Hanfprodukten voraussetzen (s. Kap. 6, *Convenience*) oder
- von Naturprodukten bisher nur niedrige Qualität kennen und Besserung erwarten.

Das Kriterium der Ökologie, von dem vermutet wurde, daß es viel ausschlaggebender sein würde, steht erst an dritter Stelle der Kriterien, gleichauf mit dem Schnitt (also der Mode) der Kleidung. Erst danach kommen der Preis und die Robustheit/Langlebigkeit (wieder Präferenz der Qualität!) der Textilien. Angesichts der kleinen Gruppe von Befragten sollte allerdings eine weitere Erhebung folgen, professioneller aufgesetzt und über einen repräsentativen Querschnitt gezogen.

Anhang B

Herstellerangaben zu Produktionsdaten

B.1 Tradewise MFY & Export Co.

Es folgt eine Abschrift des Fragebogens an den Exporteur der Hanfstoffe in Hong Kong. Die Fragen sind in Anlehnung an einen beim „Greenpeace Umweltschutzverlag GmbH“ entstandenen Fragebogen erstellt und von Mitarbeitern der Firma „cotton'n'more“ übersetzt worden. Die Antworten auf diesen Fragebogen kamen erst nach zweifacher Nachfrage vollständig, zuvor fehlten Teile aus dem Rohfaserproduktions- und Aufschlußprozeß. Die vom Geschäftsführer der Tradewise Mfy & Export Co., Mr. Aaron Hun gegebenen Antworten sind *kursiv* gesetzt, Kommentare stehen in [eckigen Klammern].

B.1.1 The hemp questionare

Questions concerning raw product and manufacturing of textiles made from hemp.

- Exact denomination of product: *Hemp*
- Supplier: *Tradewise Mfy & Export Co.*
- Material-declaration on the product: *100 % hemp, 55 % hemp 45 % cotton*

Raw product

- Where is the hemp grown? *Taian city of Shandong, China*
- Which fertilizer is used during cultivation? *yes*
- Which pestizides are used during cultivation? (name and supplier of the chemicals used) *no*

- Which other mesasures for pest-control are being used? *No, as hemp itself can be avoid the pest.*
- Are the fields irregated, and if so, how often during a growth period? *Around 4...*[unleserlich]
- Is the cultivated in a crop-rotation-plan? And if so, which other crops were involved? *no*
- Is the hemp harvested mechanically or by hand? *By hand*
- If the cultivation of the hemp is according to the „eco-cultivations-standards“, who controls the maintenance of the standards? *Factory themself.*
- Please send photos of the field and cultivation, if available.

Processing

- How are the fibres solubilized – by boiling; – by acidulating (dew-retting or water-retting or a combined process)? *Put the hemp into the river in order to take out the hemp fibre.*
- If a process of water-retting is used, what drainage is used for the waste water? *Underground*
- Where are the fibres swungled/scutched? *In the factory of Taian city, China.*
- What happens to the hemp straw, the shives, the seeds? *Straw will burn it. Shives will use for sole. Seeds keep for next season.*
- Where is the hemp fibre spun? Which chemicals are used in the process, if any? *In factory in Taian city of China. No chemicals used for spun process. Only to use waters.*
- Is the yarn
  - washed? *no*
  - bleached? *no*
  - dyed? *no*
- If so, which products were used (exact declaration of product name and supplier)?
- Where is the yarn woven? *The factory themself.*
- With which sizing/slashing agent is the warp yarn stabilized? *Factory pre-shrink the fab*[ric] *and make it more stabilized.*
- Is the woven fabric
  - washed? *no*

- bleached? *no*
- dyed? *no*
- creaseproof finished? *no*
- preshrunk? *yes*
- softening treatment (use of fabric softener)? *Only through washing.*
- further finishing process? If so, which processes are used (exact declaration of product name and supplier)?

- Which facilities for drainage is used by the textile finisher ? *Underground.*
- Are the chemicals used mixed by hand or controlled in a computer-aided-system? *They said no chemicals in the process.*
- Do you conduct laboratory tests on the raw material, the clothing, for the following items: *No, they don't.*
  - pesticide
  - formaldehyde
  - heavy metal
- Where is the fabric being made-up? *In factory Taian city.*
- What raw material is used for threads? –
- What raw material is used for the buttons? –
- What are the other materials used, e. g. interlining (vlies), are not made from 100 % natural fibres? –
- Is the waste material after cutting recycled or disposed of (if so, how?)? –

Transport

- Which means of transportation are used between the different processing-steps?

Packaging

- How are the products packaged? *Use the nylons bags.*

Social-Conditions

- During the entire chain of production (from cultivation until the finished garment) the following requirements have to be fulfilled at least:
  - child labour? *no*
  - equal payment for both sexes? *Diff*[erent] *position diff*[erent] *pay.*

- safety-measure according to the given conditions at the workplace (e. g. protective gloves for handling chemicals; daylight and adequate ventilation of the factories)? *Yes. Such as daylight. Ventilation*

Please give the following informations for all companies involved during the entire production-process:

- Daily working hours? *8–9 (Recently, China government announces 40 hours per week)*
- How many days per week do you work? *6 (Changes into 5 days work)*
- Is there a regular weekly day-off? *Yes, saturday + sunday*
- Are there additional days-off (bank holiday or holidays) during Year? *Yes, such as New Year, Labour Day.*
- What is the average wages at the companies involved? *400–500 RMB*
- What is the minimum wage guaranteed by law in the country of origin? *No*
- What is the base for payment (e. g. weekly pay or piecework pay)? *Monthly*
- Which terms of notice are valid in those companies? *Written notification*
- Is there medical care for the employees available in those companies? *No*
- Are there other benefits (job-training, catering etc.)? *Yes, catering/sometimes dormitory*
- Is rights of workers participation in decision making? *No* [nachträglich durchgestrichen]
- Are there unions in the countrys or companies? *Yes*
- Did you take specific measures to improve the working-conditions and if so, which?

I confirm the correctness of indications above mentioned

29-03-95 Hong Kong — *Unterschrift*
(date and place) — (signature)

B.2 Sigma Ltd.

Es folgt eine Abschrift des Fragebogens an den Konfektionierungsbetrieb in Koszalin/Polen, der die Verarbeitung der Hanf–Halbware aus China übernimmt. Antworten des Betriebes sind *kursiv* gesetzt. Darüber hinaus gehende Informationen stammen aus einer Firmendarstellung von SIGMA LTD..

Please give the following informations for all companies involved during the entire production–process:

- Daily working hours? *8*
- How many days per week do you work? *5*
- Is there a regular weekly day-off? *Yes*
- Are there additional days-off (bank holiday or holidays) during Year? *Yes*
- What is the average wages at the companies involved? *?*
- What is the minimum wage guaranteed by law in the country of origin? *2800 Zt*
- What is the base for payment (e. g. weekly pay or piecework pay)? *Accord*
- Which terms of notice are valid in those companies? *EEC Terms*
- Is there medical care for the employees available in those companies? *Yes*
- Arethere other benefits (job-training, catering etc.)? *Yes*
- Is rights of workers participation in decision making? *Yes*
- Are there unions in the countrys or companies? *Yes*
- Did you take specific measures to improve the working-conditions and if so, which? *Most modern facilities in the eastern europe.*

Anhang C

Berechnungsgrundlagen

C.1 Ökobilanz: Produktion und Gebrauch von Waschmaschinen

In der Studie zum Bekleidungsverbrauch einer bundesdeutschen Behörde [13] wird eine Ökobilanz angeführt, in der die Produktion und der Betrieb einer Waschmaschine für den häuslichen Gebrauch bezüglich Energie– und Stoffströme verglichen wird.

Unter der Annahme einer vierzehnjährigen Lebensdauer mit 250 Waschgängen pro Jahr und einem Stromverbrauch von 1,16 kWh bzw. einem Wasserverbrauch von 80 l je Waschgang ergaben sich folgende Werte:

	Produktion	Gebrauch
Energie [MJ]	2.000	48.000
krit. Luftvolumen [1000 m^3]	37.000	2.500.000
krit. Wasservolumen dm^3	11.800	307.000
Abfälle [kg]	51	622
Wasserverbrauch [l]	6150	280.000

Tabelle C.1: Ökobilanz Waschmaschine

Im Verlaufe ihres Lebensdauer verbraucht eine Waschmaschine demnach das 24–fache an Energie und mehr als das 45–fache an Wasser als zu ihrer Produktion aufgewendet wurden.

C.2 Energieverbräuche in den Produktlinien

Hanfanbau

Der Verbrauch von Energie während des Anbaus beschränkt sich wegen der traditionellen Methoden auf die Transporte von Saatgut, Dünger und der Ernte. Siehe unten.

Hanftextilproduktion

Der Maschinenpark der Textilmühle zum Verspinnen und Verweben der Hanffasern ist unbekannt. Den Energiebedarf für diesen Prozeßabschnitt abzuschätzen fällt daher schwer. Für eine entsprechende Anlage in der Baumwollproduktion wird in der Literatur von 20 MJ/kg für das Verspinnen und 10 MJ/kg für das Weben der Garne ausgegangen. Unter der Voraussetzung, daß die Angabe des Exporteurs stimmt, es würden beim Spinnen und Weben keine Chemikalien eingesetzt (s. Anh. B.1), könnten nur (halb–)mechanische Spinnräder und Webstühle dafür in Frage kommen. Bei deren Benutzung sind keine Schlichten und Schmälzen nötig[1]. Diese Anlagen sind zwar arbeitsintensiv, benötigen aber keine Energie aus Primärenergieträgern. Die Fotos aus der Textilmühle zeigen dagegen (veraltete) Maschinen, für die geschmälzt und geschlichtet werden müßte.

Nach dem Bericht von Clarke existiert in Tai'an nur eine Textilmühle, die Fotos müssen daher den entsprechenden Produktionsablauf zeigen. Die Angabe des Exporteurs bezüglich des Chemikalieneinsatzes wird darum als falsch angenommen. Hinsichtlich des relativ niedrigen Mechanisierungsgrades der alten Maschinen und deren dafür höheren Leistungsaufnahme wird zur Sicherheit ebenfalls 30 MJ/kg für den Energieverbrauch in der Hanftextilproduktion veranschlagt. In persönlichen Mitteilungen von Textilingenieuren der FH Reutlingen wird diese Annahme als sinnvoll erachtet.

Hanftextilveredlung

Da das Gewebe bis auf Waschen keinerlei Behandlung unterzogen wird, ist der Energieverbrauch in diesem Prozeßschritt minimal. Betrachtungen der Nebenlinien für die Produktion von Veredlungsmitteln entfallen. Entsprechende Werte aus konventioneller Textilveredlung liegen bei 10 – 20 MJ/kg Textil [11] für Naturfasern. Daher werden 10 MJ/kg angenommen.

Konfektionierung der Hanf– und Baumwolltextilien

Bei der Tagesleistung (8–Stundentag) einer Näherin von 25 Hemden[2] und einer Leistungsaufnahme der Nähmaschine von etwa 250 Watt[3] ergibt sich ein Wert von 0,58 MJ/kg (2 Hemden wiegen etwa 1 kg) für die Konfektionierung der Textilien:

$$\frac{8\ \mathrm{h} \cdot 1\ \mathrm{d} \cdot 250\ \mathrm{W} \cdot 2\ \mathrm{Stck} \cdot 3600\ \mathrm{s}}{1\ \mathrm{d} \cdot 25\ \mathrm{Stck} \cdot 1\ \mathrm{kg} \cdot 1\ \mathrm{h}} = 576.000\ \frac{\mathrm{W} \cdot \mathrm{s}}{\mathrm{kg}} = 0,576\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} \qquad \text{(C.1)}$$

[1] Persönliche Mitteilung von K. Nebel,IAF
[2] Persönliche Mitteilung von E. Schulz, Globetrotter.
[3] Geschätzt, siehe Seite 69.

Wegen der hohen Unsicherheit dieser Annahme wird der dreifache Wert verwendet ($\approx$ 1,75 MJ/kg)[4].

C.3 Transport der Hanftextilien

Angenommen werden 75 Kilogramm Saatgut, eine Tonne Kunstdünger, 10 Tonnen Trockenmasse und 1,2 Tonnen Faserertrag je Hektar. Man kann davon ausgehen, daß das Saatgut lokal in Tai'an vorhanden ist und nicht über weite Strecken transportiert werden muß. Für den Kunstdünger wird ein Transport aus der nächstgrößeren Stadt Jinan angenommen, die etwa 60 Kilometer entfernt liegt. Die Ernte wird mit LKW von den Feldern zu den Rösteteichen transportiert (10 km). Das fertig geröstete Fasermaterial wird per LKW in die Textilmühle von Tai'an–Stadt (10 km) transportiert.

Gemäß dem BOUSTEAD–Modell [18] wird ein Energieverbrauch für den Betrieb von LKW von 1,37 MJ/t·km zugrunde gelegt.

$$1\ \mathrm{t} \cdot 60\ \mathrm{km} \cdot 1,37\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} = 82,2\ \mathrm{MJ}\ (\text{Düngertransport}) \tag{C.2}$$

$$10\ \mathrm{t} \cdot 10\ \mathrm{km} \cdot 1,37\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} = 137\ \mathrm{MJ}\ (\text{Trockenmassetransport}) \tag{C.3}$$

$$1,2\ \mathrm{t} \cdot 10\ \mathrm{km} \cdot 1,37\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} = 16,44\ \mathrm{MJ}\ (\text{Fasertransport}) \tag{C.4}$$

$$(82,2 + 137 + 16,44)\ \mathrm{MJ}/1200\ \mathrm{kg} \approx 0,2\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{kg}} \tag{C.5}$$

Der Energiebedarf für Transporte während der Faserproduktion beträgt etwa 0,2 MJ pro Kilogramm Faser.

Von der Textilmühle aus wird das fertige Gewebe wiederum per LKW nach Jinan transportiert (60 km), von wo aus ein Schifftransport (250 km) über den gelben Fluß möglich ist, welcher in das gelbe Meer mündet. Von hier aus kann quasi aus jedem größeren Hafen der Überseetransport nach Deutschland ($\approx$ 23.000 km) erfolgen. Eventuelle Faserverluste beim Verspinnen/Verweben werden vernachlässigt. Das Gewicht der Transportverpackung wird mit 10 % vom Warengewicht angenommen. Der Energieverbrauch für deren Herstellung und Anlieferung wird nicht betrachtet. Für den Schiffstransport wird nach BOUSTEAD ein Energieverbrauch von 0,102 MJ/t·km veranschlagt.

$$1,1\ \mathrm{t} \cdot 60\ \mathrm{km} \cdot 1,37\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} = 90,42\ \mathrm{MJ}\ (\text{Gewebeballen inkl. Verpackung}) \tag{C.6}$$

[4] Darin sind dann alle energetischen Aufwendungen der Konfektionierung enthalten (Zuschnitt, Nähen, Beleuchtung, Belüftung etc.).

$$1,1\ \mathrm{t} \cdot 23250\ \mathrm{km} \cdot 0,102\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} = 2608,65\ \mathrm{MJ}\ \text{(Gewebeballen inkl. Verpackung)} \tag{C.7}$$

Für den Transport zwischen der Textilmühle in Tai'an und Hafen Hamburg ergibt sich ein Energiebedarf von 2,7 MJ/kg Bekleidung (inklusive der Transportverpackung).

Nach dem Eintreffen der Ware in Hamburg wird sie auf LKW verladen und nach Braunschweig (200 km) gefahren. Von dort geht der Transport per LKW weiter nach Koszalien in Polen (520 km), wo die Hemden konfektioniert werden. Anschließend werden sie zurück nach Braunschweig (520 km) gebracht, von wo aus sie wiederum per LKW an den Handel in Hamburg (200 km) geliefert werden. Insgesamt ergibt das eine Kilometerzahl von etwa 1500 Kilometern.

$$1,1\ \mathrm{t} \cdot 1500\ \mathrm{km} \cdot 1,37\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} = 2260,5\ \mathrm{MJ} \tag{C.8}$$

Je Kilogramm Bekleidung ergibt sich so ein Energieverbrauch von etwa 2,3 MJ. (Die Gewichtsanteile von Knöpfen und Garn sind dabei vernachlässigt. Das Gewicht der Transportverpackung wird mit 10 Prozent des Warengewichtes angenommen.)

Von der Rohstoffproduktion bis zum Lager in Hamburg sind für Transporte insgesamt 5,2 MJ je Kilogramm Kleidung zu veranschlagen. Zu beachten ist dabei, daß der LKW–Transport innerhalb Europas fast genauso viel Energie benötigt wie der Schiffstransport von China nach Hamburg!

C.4 Transport der Baumwolltextilien

Für den Transport mit LKW wird eine Gesamtstrecke von 1.000 Kilometer während der Produktion angenommen (lokale Fahrten in der Türkei, Bremerhaven – Bremen – Hamburg).

$$1,1\ \mathrm{t} \cdot 1000\ \mathrm{km} \cdot 1,37\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} = 1507\ \mathrm{MJ} \tag{C.9}$$

Die Seestrecke von Icel/Türkei bis Bremerhaven beträgt etwa 7000 Kilometer:

$$1,1\ \mathrm{t} \cdot 7000\ \mathrm{km} \cdot 0,102\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} = 785,4\ \mathrm{MJ} \tag{C.10}$$

Bis zum Handelshaus ergeben sich also etwa 2,3 MJ Energie, die zum Transport je Kilogramm Bekleidung aufzuwenden sind.

C.5 Energieverbrauch im Handel

Im Handel wird Energie für die Beleuchtung und Beheizung des Lagers (die Beheizung des Lagers erfolgt mit elektrisch betriebenen Lüftern) verbraucht, sowie für den Betrieb der Kommissionieranlagen, Fließbänder usw.. Die Aufschlüsselung dieser Verbräuche auf einzelne Artikel des Sortimentes ist nicht durchführbar. Es wird daher die vom Elektrizitätsunternehmen in Rechnung gestellte Leistung (abzüglich der geschätzten Leistung für Beleuchtung und Betrieb von Fluren, Büro–, Sanitär– und Aufenthaltsräumen) zugrunde gelegt und auf das Raumvolumen des Lagers bezogen:

$$\frac{100.000.000\ \mathrm{Wh/a}}{13.100\ \mathrm{m}^3} \approx 7.600\ \frac{\mathrm{Wh}}{\mathrm{a} \cdot \mathrm{m}^3} \tag{C.11}$$

Die komplette Hanfkollektion hat im Lager einen Platzbedarf von etwa 3,5 Kubikmeter belegt.

$$3,5\ \mathrm{m}^3 \cdot 7.600\ \frac{\mathrm{Wh}}{\mathrm{a} \cdot \mathrm{m}^3} \approx 27.000\ \frac{\mathrm{Wh}}{\mathrm{a}} \approx 100\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{a}} \tag{C.12}$$

Umgerechnet in Joule (1 Wh = 3600 J) ergibt sich damit ein jährlicher Energiebedarf von etwa 100 MJ für die Lagerung der kompletten Kollektion, die anfänglich aus 2400 Stück bestand. Wenn von einem durchschnittlichen Gewicht von 500 Gramm je Stück (unter Vernachlässigung des Gewichtes von Knöpfen etc.) ausgegangen wird, verursachen Lagerhaltung, Kommissionierung und Versand (unberücksichtigt bleibt der Energieverbrauch für die Produktion und Anlieferung von Verpackungsmaterial für den Versand sowie der Energieverbrauch auf dem Postweg) von einem Kilogramm Hanfbekleidung nur 0,08 MJ pro Jahr. Für Baumwollbekleidung ist in diesem Punkt kein Unterschied zu machen. Unter energetischen Gesichtspunkten ist dieser Teil der Produktlinie nicht relevant, zumal er sich nicht von denen anderer Produkte abhebt.

Ferner werden die Textilien zusammen mit allen anderen Waren im innerstädtischen LKW–Verkehr (betrachtet werden nur die Hamburger Filialen) in den Filialen angeliefert. Hier steht pro Stück (500 g) und Weg (ca. 25 km) ein Energieverbrauch von 0,02 MJ an:

$$0,0005\ \mathrm{t} \cdot 25\ \mathrm{km} \cdot 1,37\ \frac{\mathrm{MJ}}{\mathrm{t} \cdot \mathrm{km}} \approx 0,02\ \mathrm{MJ} \tag{C.13}$$

Die aufzuwendende Energie für Lagerung und Präsentation der Textilien in den Filialen (Licht und Heizung) bleibt unbetrachtet, da prinzipiell kein Unterschied zu Textilien aus konventioneller Produktion besteht.

Damit ergibt sich für den Handel ein Energiebedarf von 0,12 MJ/kg Kleidung.

C.6 Energieverbrauch während der Gebrauchsphase der Textilien

In der Studie zum Bekleidungsverbrauch einer bundesdeutschen Behörde [13] ist eine Aufstellung über den Primärenergieverbrauch zur Pflege von einem Kilogramm Arbeitskleidung enthalten. Die Aufstellung nimmt eine Verwendungszeit von vier Jahren mit einem wöchentlichen Pflegezyklus an. Für die Nutzung von Freizeitkleidung aus Baumwolle besteht in weiten Teilen Übereinstimmung mit diesen Angaben: In der Regel werden sportliche Aktivitäten am Wochenende unternommen. Die Kleidung wird in kurzer Zeit sehr stark beansprucht und daraufhin gewaschen. Die Verbraucherbefragung, die im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführt wurde, hat für die Waschhäufigkeit der Hanfkleidung einen ähnlichen Wert ergeben (s. Anh. A.1). Die Werte der Studie werden deshalb mit wenigen Anpassungen übernommen.

	Arbeitskleidung (Baumwolle)	Hanf
Menge	1 kg	1 kg
Nutzungszeit	4 Jahre	4 Jahre
Pflegezyklus	wöchentlich	wöchentlich
Anzahl Trage– bzw. Pflegezyklen	208	208
Verbrauch Vollwaschmittel	4,5 kg	3,0 kg
Wasserverbrauch	4620 l	4620 l
Prozeßenergie z. Herst. d. Waschmittels	100 MJ	75 MJ
Primärenergieverbrauch beim Waschen	625 MJ	425 MJ
Primärenergieverbrauch durch Trocknung	915 MJ	450 – 1200 MJ
Primärenergieverbrauch beim Bügeln	260 MJ	340 MJ

Tabelle C.2: Primärenergieverbrauch für die Pflege von Textilien. *Quelle:* [13] mit eigenen Anpassungen

Im Gegensatz zu den Angaben für die Pflege der Arbeitskleidung wurde für die Hanfbekleidung von folgenden Annahmen ausgegangen:

- In der Fragebogenaktion gaben nur 28 % der Befragten an, Vollwaschmittel zu benutzen. Zusammen 51 % benutzen Feinwaschmittel, Baukastenwaschmittel oder sonstige (Neutralseife etc.). Aus diesem Grund wird die benötigte Prozeßenergie zu deren Herstellung nur mit 75 MJ je Kilogramm Kleidung geschätzt.
- Die Studie geht beim Energieverbrauch zum Waschen von Werten zwischen 1,6 und 4,4 MJ je Kilogramm Wäsche aus und benutzt den Mittelwert 3 MJ/kg. Wegen der geringeren Anschmutzbarkeit von Hanftextilien und der deshalb niedrigen Waschtemperatur wird hier von 2 MJ/kg ausgegangen.

- Etwa die Hälfte der Befragten gibt an, die Hanftextilien nicht maschinell zu trocknen. Würden sie es tun, müßte wegen der höheren Feuchteaufnahme (s. Tab. 3.4) von Hanf mehr Energie als für ein vergleichbares Baumwollhemd[5] aufgewendet werden.
- Wie beim Trocknen wird auch für das Bügeln wegen der höheren Feuchteaufnahme des Hanfes von einem entsprechend höheren Energiebedarf ausgegangen.

C.7 Energieverbrauch bei der Entsorgung der Textilien

Wegen der vielen diffusen Teilströme, in die die Kleidung nach ihrer Verwendung fließt, ist eine quantitative energetische Betrachtung der Entsorgung nicht möglich. Nur die Verbrennung von Altkleidern ergibt je nach ihrer Zusammensetzung eine Energiegutschrift aufgrund des hohen Heizwertes von 15 bis 45 MJ/kg.

C.8 Wasserbedarf beim Hanfanbau

Der Wasserverbrauch wird anhand der Daten aus dem Anbauversuch [43] der FAL für deutsche Klimaverhältnisse berechnet. Da die durchschnittlichen Niederschlagsmengen in China über denen von Deutschland liegen, wird die Notwendigkeit zum künstlichen Bewässern dort gering sein. Annahme: 400 mm/m^2 und 3,5 Tonnen Faserertrag je Hektar

$$400\ \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{m}^2}\ \text{entsprechen}\ 4000\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{ha}} \tag{C.14}$$

$$\frac{4000\ \mathrm{m}^3 \cdot \mathrm{ha}}{3500\ \mathrm{ha} \cdot \mathrm{kg}} \approx 1,2\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg}} \tag{C.15}$$

Pro Kilogramm Faser werden 1,2 Kubikmeter Wasser benötigt. Beim Anbau in heißeren Gegenden (Mittelmeerregion) wird wesentlich mehr Wasser benötigt (10.000 m^3/ha in Spanien). Allerdings ist der Hektarertrag dort höher (bis zu 5 Tonnen), sodaß sich der Wasserbedarf je Kilogramm Faser nur verdoppelt bis verdreifacht. Mit einem Sicherheitsfaktor beaufschlagt ergibt sich ein Wasserbedarf von 4 Kubikmeter je Kilogramm Faser. Dieser Wert liegt immer noch unter dem Wasserbedarf von 7 m^3/kg für Baumwolle im Trockenfeldanbau [11].

[5] In der Studie [13] werden 2,94 MJ/kg für das Trocknen eines Baumwollhemdes veranschlagt. Hanf nimmt etwa 30 % mehr Feuchte auf als Baumwolle. Daher wird ein entsprechender Mehrbedarf an Energie angenommen.

Abbildungsverzeichnis

3.1 REM-Bild Hanffasern 29
3.2 REM-Bild Baumwollfasern 30
3.3 beta-D-Glukose 35
3.4 Ausschnitt eines Zellulosemoleküls 35
3.5 Schematischer Aufbau eines Baumwollhaares 37
3.6 Baumwollblüte 41
3.7 Baumwollpflanze im Reifestadium 42
3.8 Pestizidausbringung 47
3.9 *Cannabis sativa* 49
3.10 Querschnitt durch Hanf-Stengel 50

4.1 Baumwollernte in der Türkei 64
4.2 Manuelle Ernte von Hanfstengeln 72
4.3 Trocknen der Hanfstengel 73
4.4 Wasserröste der Hanfstengel 74
4.5 Aufbereitung der Faserbündel 78
4.6 Verspinnen der Haffasern 78
4.7 Hanf–Weberei 79
4.8 Transport der Faserbündel mit dem Fahrrad 81

Tabellenverzeichnis

3.1 Maslowsche Bedürfnishierarchie 12
3.2 Heizwerte von Textilrohstoffen 23
3.3 Fasereigenschaften in Abhängigkeit vom Spinnverfahren 30
3.4 Stoffwerte Baumwolle und Hanf 32
3.5 Unterscheidung von Hanf-Phänotypen 52
3.6 Düngerbedarf ausgewählter Nutzpflanzen 53
3.7 Produktlinienmatrix im Bedürfnisfeld Kleidung 60

5.1 Auswertungsmatrix im Bedürfnisfeld Kleidung 90

A.1 Vergleich von Waschzyklen in Abhängigkeit vom Material 105

C.1 Ökobilanz Waschmaschine 113
C.2 Primärenergieverbrauch für die Pflege von Textilien 118

Literaturverzeichnis

[1] Klaus Michael Meyer-Abich. *Aufstand für die Umwelt — Von der Umwelt zur Mitwelt.* Hanser Verlag, München/Wien, 1990.

[2] Verband der Industriellen Energie-und Kraftwirtschaft e. V.[Hrsg.]. *Statistik der Energiewirtschaft 1993/94.* Verlag Energieberatung GmbH, Essen, Dezember 1994.

[3] Projektgruppe Ökologisches Wirtschaften [Hrsg.]. *Produktlinienanalyse — Bedürfnisse, Produkte und ihre Folgen.* Kölner Volksblatt Verlag, Postfach 250405, 5000 Köln 1, 1. edition, 1990.

[4] Klaus Michael Meyer-Abich. *Wege zum Frieden mit der Natur — Praktische Naturphilosophie für die Umweltpolitik.* Hanser Verlag, München/Wien, 1984.

[5] Helene Karmasin. *Produkte als Botschaften.* Wirtschaftsverlag Ueberreuter, 1993.

[6] F. A. Brockhaus GmbH [Hrsg.] München. *DTV Brockhaus Lexikon, Bd. 2.* Deutscher Taschenbuch Verlag, 1989.

[7] Doris Binger. Ökologisch und modisch. *Textilwirtschaft*, Nr. 33 :Seite 28 – 33, August 1995.

[8] Arbeitsgemeinschaft Textil. Stoff– und Informationsströme in der Produktlinie Bekleidung — Vorstudie für die Arbeitsgruppe Kleidung. In *Studienprogramm Umweltverträgliches Stoffstrommanagement*, 1995.

[9] Doris Binger. *Das Echo vom Kleiderberg: Mode + Ökologie — Wege einer sinnvollen Verbindung.* Deutscher Fachverlag Frankfurt am Main, 1995.

[10] Wolfgang Bobeth [Hrsg.] et al. *Textile Faserstoffe — Beschaffenheit und Eigenschaften.* Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1993.

[11] Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt Bewertungskriterien und Perspektiven für Umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ [Hrsg.]. *Die Industriegesellschaft gestalten.* Economica Verlag, 1994.

[12] Christoph Geisler-Kroll. Belastung der Rohstoffe für Naturtextilien durch Pestizideinsatz. In *Ökologie und Bekleidung.* Deutscher Fachverlag, 1993.

[13] Cognis Gesellschaft für Bio-und Umwelttechnologie Düsseldorf. Untersuchung des Bekleidungsverbrauchs einer bundesdeutschen Behörde. In *Studienprogramm Umweltverträgliches Stoffstrommanagement*, 1995.

[14] Doris Binger. Ökologie in der textilen Kette — Bestandsaufnahme und Fragestellungen. In *Ökologie und Bekleidung*, pages 15 – 26, Juli 1993.

[15] Frank Hoffmann und Theo Rombach. *Die Recycling–Lüge: Vermeiden statt verwerten.* Georg Thieme Verlag, 1993.

[16] Bernhard Rosenkranz und Edda Castelló. *Textilien im Umwelt–Test.* Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, 1993.

[17] Lüder Jachens. Wie wirkt Bekleidung auf der Haut? Kann Bekleidung wirklich krank machen? In *Ökologie und Bekleidung*, 1993.

[18] Cognis Gesellschaft für Bio-und Umwelttechnologie Düsseldorf. Vorstudie „Textilien/Kleidung“ 1992. In *Studienprogramm Umweltverträgliches Stoffstrommanagement*, 1995.

[19] Gesamttextil [Hrsg.]. *Jahrbuch der Textilindustrie 1994.* Textil–Service- und Verlags–GmbH, 1994.

[20] Verlag C. H. Beck München. *Umweltrecht.* Deutscher Taschenbuch Verlag, 7. edition, 15. Mai 1992.

[21] Michael Karus et al. Über die universelle Nutzpflanze Hanf. In *Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf Cannabis Marihuana.* Zweitausendeins, Frankfurt am Main, 1994.

[22] Öko-Tex Zürich. Konformitätserklärung Öko–Tex–Standard 100, April 1994.

[23] eco–tex Consortium, Lindenstr. 19, Köln. *eco–tex & Textile Ökologie*, Mai 1994.

[24] *Ökologie und Bekleidung.* Deutscher Fachverlag, 1993.

[25] *Ökologie und Bekleidung 2.* Deutscher Fachverlag, 1995.

[26] Peter M. Latzke und Rolf Hesse. *Textile Fasern: Rasterelektronenmikroskopie der Chemie– und Naturfasern.* Deutscher Fachverlag, 1988.

[27] Kai M. Nebel. Neue Wege in der Hanf–Verarbeitung. In *Biorohstoff Hanf '95*, Juli 1995.

[28] Jack Herer und Mathias Bröckers [Hrsg.]. *Die Wiederentdeckung der Nutzpflanze Hanf Cannabis Marihuana.* Zweitausendeins, Postfach, 60381 Frankfurt am Main, 30. edition, 1995.

[29] Gerhard Czihak [Hrsg.] et al. *Biologie.* Springer–Verlag Berlin, 3. edition, 1981.

[30] Alfons Hofer. *Stoffe, 1. Textilrohstoffe, Garne, Effekte.* Deutscher Fachverlag, 1985.

[31] Enquete-Kommission des Bundestages für Gestaltung der technischen Entwicklung; Technikfolgen-Abschätzung und Bewertung [Hrsg.]. *Nachwachsende Rohstoffe.* Bundesrepublik Deutschland, 1990.

[32] Matthias Borlinghaus. *Die Chancen für Flachs– und Hanffasern in technischen Anwendungen am Beispiel von Formpreßteilen und Verbundwerkstoffen* (Diplomarbeit). Fachhochschule Nürtingen, Dezember 1995.

[33] Günther Natho [Hrsg.] et al. *Rohstoffplanzen der Erde.* Verlag Harri Deutsch, 1986.

[34] Dieter Müller. Naturfaserverstärkte Strukturbauteile nach dem Gebrauch einfach auf den Kompost. *VDI–Nachrichten*, 49(38), 22.09.1995.

[35] Meike Ried. *Chemie im Kleiderschrank — Das Öko–Textil–Buch.* Rowohlt Verlag GmbH, 1989.

[36] Prof. Dr. Wacker. Skriptum zur Pharmatox–Vorlesung für UWT–Studenten, WS 94/955.

[37] Katalyse-Institut für angewandte Umweltforschung [Hrsg.]. *Umweltlexikon.* Kiepenheuer & Witsch, Köln, 1988.

[38] Kurt Langbein und Hans Weiss Andrea Ernst. *Gift–Grün. Chemie in der Landwirtschaft und die Folgen.* Deutscher Taschenbuch Verlag, 1988.

[39] Georg Merckens. Kann Baumwolle wirklich biologisch angebaut werden? Ökologischer Landbau und Monokultur – Bericht und Diavortrag über erste Erfahrungen auf der Sekem–Farm in Ägypten. In *Ökologie und Bekleidung.* Deutscher Fachverlag, 1993.

[40] Annette Sabersky. Textilhandel: Preis laß nach. *Ökotest*, Nr. 9 :Seite 52 – 59, 1995.

[41] Udelgard Körber-Grohne. *Nutzpflanzen in Deutschland: Kulturgeschichte und Biologie.* Konrad Theiss Verlag, Stuttgart, 1987.

[42] Lothar Loch. Erfahrungen bei der Züchtung eines einhäusigen Hanfes. In *Biorohstoff Hanf.* nova–Institut, Köln, 1995.

[43] Frank Höppner und Ute Menge-Hartmann. Anbauversuche zur Stickstoffdüngung und Bestandesdichte von Faserhanf. In *Biorohstoff Hanf.* nova–Institut, Köln, 1995.

[44] B. Andreae. *Weltwirtschaftspflanzen im Wettbewerb.* Berlin, New York, 1980.

[45] Deutscher Bundestag [Hrsg.]. *Hanf als nachwachsender Rohstoff, Antwort auf die kleine Anfrage des Abgeordneten Dr. Klaus–Dieter Feige und der Gruppe Bündnis 90/Die Grünen, Drucksache 12/6361.* Bundesrepublik Deutschland, 07.12.1993.

[46] Edgar P. Hoff und Marita Kost. *Türkei, West– und Südküste.* Edgar Hoff Verlag, 1994.

[47] Cotton Country Naturtextilien GmbH Oyten. Wir über uns — vom Anbau bis zum Anzug, 1995.

[48] Tadeu Caldas. Die Notwendigkeit einer ökologischen Baumwollproduktion. Das Maikaal–Projekt in Zentralindien — ein biodynamisches Baumwollsystem. In *Ökologie und Bekleidung 2*, 1995.

[49] Patrick Hohmann. Die Kette vom Produzenten bis zum Konsumenten — assoziative Verbindungen als Grundlage ökologischen Wirtschaftens. Ansätze beim Projekt Maikaal Fibres Ltd. in Zentralindien. In *Ökologie und Bekleidung 2*, 1995.

[50] Christoph Geisler-Kroll. Vorsorgender Umweltschutz in der Textilherstellung. Grenzen der Machbarkeit. In *Ökologie und Bekleidung 2.* Deutscher Fachverlag, 1995.

[51] Robert C. Clarke. Hemp (*cannabis sativa* L.) cultivation in the Tai'an District of Shandong, Peoples Republic of China. *Journal of the International Hemp Association*, 2(2):57, 60 – 65, Dezember 1995.

[52] Arbeitsgemeinschaft Textil. Die Organisation des ökologischen Stoffstrommanagements — Gestaltung der textilen Kette. In *Studienprogramm Umweltverträgliches Stoffstrommanagement*, 1995.

[53] Energie und Verfahrenstechnik GmbH [Hrsg.]. Taschenbuch, August 1986.

[54] Rainer Hofmann. Was der Strom wirklich kostet. *VDI–Nachrichten*, 50(14), 05.04.1996.

[55] Regine Hinderer. Weg vom Schrumpel–Image. *bioFach, Magazin für Naturwaren und Naturkost*, (6):10 – 12, Januar 1996.

Index

$(NH_4)_2CO_3$, 71
$(NH_4)_2SO_3$, 71
P_2O_5, 71
Angiospermae, 40
Aphidiae, 53
Cannabaceae, 48
Cannabis sativa L., 48, 54
Cormophyta, 40
Cuscuta europea, 53
Dicotyledoneae, 40
Gossypium, 40
    arboreum, 40
    herbaceum, 40
    hirsutum, 40
    vitifolium, 40, 42
Halticinae, 53
Konsumäffchen, 10
Malvales, 40
Noctuiden, 53
Orobrancha ramosa, 53
Ostrinia nubilalis, 53
Spermatophyta, 40
Tipula oleraceae, 53
Urticales, 48
homo oeconomicus, 10
tex, 28
Alefeld, 54
Clarke, 70
Herodot, 54
Langethal, 54
Maslow, 12
Sander, 16

Abbau
    aerober, 24
    anaerober, 24
Abbaubarkeit
    biologische, 27
Abfall, 21, 26
    -aufkommen, 22, 59, 89
    -ausstoß, 18
    -behandlung, 22
    -gesetz, 22
    -strom, 38
Abgrenzung, soziale, 16
Ablauf, reversibler, 34
Abrieb, 33
Absatzmöglichkeit, 38, 56
Abwasser, 17, 26
    -behandlung, 17
    -mengen, 56
    häusliches, 21
    metallsalzhaltiges, 18
Abwehrmechanismus, 10
Adsorption, 34
Agrar
    -chemikalien, 45
    -erzeugnisse, 38
    -politik, 37
    -protektionismus, 37
Ägypten, 44, 45, 47
Allergene, 19
Allergien, 18
Alterung, 34
Altkleider, 22
    -sammlung, 21, 22
Amitraz, 42
Ammoniumcarbonat, 71
Ammoniumsulfat, 71
Anbau, 26, 37–39, 44, 45, 50, 52, 70
    -flächen, 44, 55
        landwirtschaftliche, 46
    -gebiete, 16, 44, 45, 55, 70
    -genehmigung, 56
    -kosten, 46, 76
    -technik, 55
    -versuch, 52, 53
    biologischer, 27

intensiver, 44
konventioneller, 27
praktischer, 52
Anpassung, soziale, 16
Anschmutzbarkeit, 33, 34
Anschmutzungsneigung, 34
Antagonist, psychischer, 50
Antielektrostatika, 17
Antikörper, 19
Anwendung, 17, 19, 28, 29, 31
chinesische, 54
Arbeit, 4, 6, 15
informelle, 5
wertvolle, 12
Arbeits
-aufwand, 52
-bedingungen, 46
-kraft
-stunde, 47
-kreis Naturtextilien, 27
-löhne, 55
-platz, 12, 14, 28, 47
-qualität, 59, 89
-schritte, 47
-schutz
-auflagen, 18
-maßnahmen, 17, 46
-stunde, 47
-teilung
geschlechtsspezifische, 59, 89
-unfälle, 17, 59, 89
-volumen, 59, 89
-zufriedenheit, 59, 89
Assoziation, 15
Atmosphäre, 24
atmungsaktiv, 14
Aufschluß
-technologie, 57
Auftrieb, 72
Aufwand
energetischer, 23
finanzieller, 23
Außenhandel, 37
Äußerungsdrang, 10
Ausnahmegenehmigung, 56
Ausrüstung, 78
antimikrobielle, 17
schmutzabweisende, 17
Ausspinngrenze, 29
Avantgarde, 15

Bakterienflora, 14
Bast, 39
-faser
-bündel, 29
-gehalt, 74
-geflechte, 39
Baumwoll
-anbau, 44
konventioneller, 42
-export, 44
-gürtel, 44
-haare, 41
-industrie, 45
-kultivierung, 47
-pflanzen
wilde, 44
-plantagen, 45
-raupen, 42
-verarbeitung, 45
maschine, 55
Baumwolle, 23, 31, 39, 55
amerikanische, 19
Baustoff, 37
Bedürfnis, 4, 6
-befriedigung, 5, 6
-hierarchie, 12
-stufe, 12
essentielles, 12
höherwertiges, 12
materielles, 12
physiologisches, 12
primäres, 11
sekundäres, 11
Bekleidung
textile, 22
Bestäubung, 40
Betäubungsmittelgesetz, 56
Bewässerung
künstliche, 44
Bewässerungs
-anbau, 44, 47
Bewegungsfreiheit, 20
Bewertungssystem, 4

Biege
-beanspruchung, 33
-steifigkeit, 29
Biogas, 24, 38
Biomasse, 2
Blatt
-achseln, 40
-adern, 50
-fasern, 39
-finger, 50
-flöhe, 42
-läuse, 42
-saft, 54
-wanzen, 42
Bleiche, 17, 27
Blüte, 40, 48
Blüten
-hülle, 50
-stände, 50, 70
-staubisolator, 56
Boden, 52, 71, 78
-beschaffenheit, 49
-erosion, 59, 89
-temperatur, 44
-versalzung, 16
Brachland, 37
Brasilien, 40, 45
Braunkohle, 23
Brechen, 54
Brenntechnologie, 23
BSB-Gehalt, 17, 74
BtMG, 56
Bügeln, 21

$C_6H_{12}O_5$, 35
cancerogen, 26
Cannabidiol, 50
Cannabinoide, 50
Cannabinol, 50
CBD, 50
CBN, 50
Chemikalien, 20, 77, 78
China, 44, 45, 47, 51, 54, 55, 79
Chinagras, 39
Chromosomen, 40
CO_2, 24
Computer, 79
CSB-Gehalt, 17, 74

Daten, 4, 26
produktionsrelevante, 7
zur Produktlinie, 60
Dehnung, 30, 31, 35
elastische, 41
Deponien, 18
Deponierung, 21, 22
Designer, 16
Deutschland, 17, 18, 44, 55, 56, 76, 78
Devisenquelle, 45
Diazinon, 42
Dichte, 32
Dichtungsmaterial, 56
Dienstleistung, 6
Differenzierung, 15
Dimensionen, 5
diözisch, 48, 70
Dispersions
-kräfte, 34
-wechselwirkungsenergie, 34
Dissoziationsgrad, 31
Domäne, 56
Downcycling, 22
Drogen
-hanf, 50, 70
-typ, 51
Drüsen, 50
DSD, 18
Dünger, 24
Durchblutungsstörungen, 20

EG, 37
EG-Öko-Audit, 26
Eigenschaften, 14, 15, 28, 29, 33, 38, 94
-profil, 27
-verlaufe, 33
chemische, 35
elastische, 31
hygienische, 28, 33
physikalische, 35
plastische, 31
technologische, 33
Eigenschafts

-einbußen, 22
Eignung, 33, 54, 56
Eingangskontrolle, 79
Einlagestoffe, 18
Einwirkdauer, 31
Eisenzeit, 54
Eiweiß, 51
Elementar
-faser, 28, 32
-zelle, 35
Emissionen, 22, 59, 89
Energie, 20
-bedarf, 18
-einsparung, 21
-gewinnung, 23
-pflanzen, 38
-strom, 22
-trager
fossile, 1, 23, 37
-verbrauch, 21, 22, 28, 79
-versorgung, 37
nutzbare, 24
Entkernung, 42, 47
Entkörnungsmaschine, 45
Entropie, 1, 23
Entscheidung, 79
logische, 10
unlogische, 10
Entsorgung, 4, 5, 19, 21
Entsorgungs
-fähigkeit, 26
-problematik, 38, 56
Entwicklung, 12, 37, 38, 44, 70
Entwicklungs
-land, 17, 45
-stand, 12
Epidermis, 40
Ernährungsstörung, 53
Ernte, 44, 45, 63, 72, 74
-einbußen, 42
-masse, 38
-technik, 55
-termin, 52
-zeit, 44, 71
Ersatzstoffe, 21
Ertrag, 38, 49, 52, 73
Ertrags
-depression, 44
-steigerung, 53
Erzeugung, 21
Export, 107
-artikel, 45
-förderungszonen, 46

Fadenrisse, 17
Faktorleistungen, 5
FAL, 52, 53
FAO, 53
Farb
-basis, 56
-echtheit, 31
-eindruck, 29
-nuance, 31
-stoff, 23, 26
mineralische, 27
pflanzliche, 27
tierische, 27
-tiefe, 31
Färbbarkeit, 28
Färbetechnik, 30
Faser
-aufbereitung, 30
-aufschluß, 49
-behandlung, 54
-bündel, 28, 70, 72
primäre, 49
sekundäre, 49
-bündellänge, 73
-dicke, 33
-eigenschaften, 27, 30
-ertrag, 53
-feinheit, 28, 30, 32
-festigkeit, 30, 31, 34
-gehalt, 49
-gewinnung, 39, 52
-hanf, 52
-inkrustierungen, 34
-langen, 28, 30, 32, 41, 42
-verteilung, 28
-längsachse, 41
-oberfläche, 34
-pflanzen, 54, 55, 70
-probe, 31
-qualität, 44, 71, 73

-querschnitt, 28, 33
-reißfestigkeit, 33
-rohstoffe, 26
-stoffe, 54
-typen, 27
-verbrauch, 45
Fasergewinnung, 53
Fasern
kreisförmige, 33
poröse, 34
synthetische, 45, 56
Festigkeit
theoretische, 32
Festigkeitsverlust, 33
Feuchte, 44
-aufnahme, 33
-gehalt, 73
-regulation, 95
Filtertechnologie, 23
Firmen, 25
-darstellung, 111
-politik, 26
Flächen, 37
-entzug, 59, 89
-gebilde, 28, 29, 33
-nutzung, 56
bebaute, 56
landwirtschaftliche, 45
Flachs, 39, 55, 56
Flammschutz, 17
Formaldehyd, 19
-gehalt, 26
Forschung, 37
werkstoffkundliche, 38
Forschungs
-institut, 25
Fraßschutz, 17
Frostfreiheit, 44
Frucht, 42, 54
-blätter, 50
-haare, 39
-hüllen, 54
-kapsel, 41, 44
-wand, 41
-kapseln, 40
-knoten, 50
Füllstoffe, 18
Funktionalität, 20
Funktionsunterwäsche, 14
Fusariosen, 53
Futtermittel, 51

Garn, 17, 28, 77
-feinheit, 29
-querschnitt, 29
-veredlung, 18
-zusammenhalt, 28
Gefäßpflanze, 40, 48
gekrumpft, 78
Geldökonomie, 4
Generation, 1
Geschwindigkeit, 15
Gesellschaft, 15
Gesundheit, 22, 59, 89
Gesundheitsschutz
vorsorgender, 27
Gewebe, 77
-veredlung, 18
Gewerbemüll, 18
Gewerkschaften, 46, 79
Gleichgewicht, 11
Glukose, 35
Grad, kristalliner, 32
Grenz
-erfahrungen, 12
-ertragsböden, 52
-flächenkräfte, 34
-werte, 18, 26, 27
Griff, 28, 29
-verhärtung, 34
Grundstruktur
chemische, 35
Grundwasserspiegel, 16
Gruppen
-konformität, 13, 15
-zugehörigkeit, 15
GUS, 44, 51

Haft
-fläche, 34
-partner, 34
-vermittler, 34
Haftung, 34
Halbware, 45, 79

Halfa, 39
Halogen
-verbindungen, 27
-wasserstoffe, 1
haltbar, 54
Handel, 5, 18, 19
Handelszentrum, 44
Handlungs
-zwang, 55
Hanf, 23, 31, 39, 48, 52, 54, 55, 70, 71
-anbau, 55
europäischer, 55
-faser, 70, 74
-funde, 54
-produkte, 55, 70
-seile, 55
-sorten, 50
Harz, 50
-drüsen, 70
Hauptvalenzen, 32
Haushalte, 21
öffentliche, 37
Hausmüll, 18, 22
Haut, 13, 19, 24, 95
-atmung, 20
-gefühl, 95
-oberfläche, 14
-reizung, 19
Hecheln, 54
hedonistisch, 11
Heilmittel, 37
Heizwert, 22, 23
Hektar, 37, 45–47, 55, 70, 74
-ertrag, 44, 49, 53
Hemizellulose, 41
Hilfsmittel, 17
formaldehydhaltige, 27
Hilfsstoffe, 7, 17
Höchstzug
-kraft, 31, 32
-dehnung, 32
-spannung, 31, 32
Horizontalbetrachtung, 5
Humantoxikologie, 27
humantoxikologisch, 25
Hybride, 70
Hydroxylgruppen, 35
Hygroskopizität, 34

Idealtypus, 5
Immissionen, 59, 89
Indien, 44, 45, 55
Individualität, 16
Industrialisierung, 1
Industrie
-pflanzen, 38
-staaten, 45
Informations
-sammlung, 10
-system, 4
-übersicht
völlige, 10
-verarbeitung, 11
Inlandspreise, 37
Intersexe, 48
Interventionskosten, 37
Iran, 45
ISO 9000, 26

Jahresertrag, 32
Jute, 39, 55

Kali, 44
-düngung, 53
Kantinenbetrieb, 79
Kapillar
-transport, 33
Kapokbaum, 39
Kapsel, 41
-käfer, 42
-raupen, 42
Kaufimpuls, 16
Kaufkraft, 11
Keimtemperatur, 44
Kenaf, 39
Kinderarbeit, 45, 47
Klär
-schlamm, 18
-werk, 19
Kleidungsstil, 15
Knitter
-erholung, 28
-resistenz, 29
-verbesserung, 17

Knöpfe, 18, 19
Kohlendioxid, 24
-gehalt, 1
Kohlendixoxid, 2
Kohlenhydrate, 51
Kohlenwasserstoff
-frachten, 17
Kokos, 39
Kollektionen, 15
Kommunikationsmittel, 15
Kompensation, 13
Komponente
irrationale, 10
rationale, 10
Kompost, 24
Kompostierung, 21, 24, 38
Konfektionäre, 19
Konfektionierung, 18, 59, 79, 89
Konformismus, 16
Konsum, 5
-gesellschaft, 22
Konsumenten, 9
-verhalten, 9
kognitive, 10
psychoanalytische, 10
Kontakt, 19, 20
-ekzeme, 19
-fläche, 34
Konventionen, 11
Konversionsschritte, 38
Konzentration, 59, 89
Kosten, 59, 89
-Nutzen-Analyse, 7, 10
Kotonisierung, 28
Kraft
-Dehnungs-Diagramm, 31
axial angreifende, 31
Krankheiten, 42
Kräuselung, 28
Kreativitat, 12
Kreislauf, 1
Kriterien, 26
-raster, 5
ökologische, 25
Kulturpflanze, 42, 44
Kündigungsfristen, 79
Kunst
-dünger, 38, 45
-stoff, 38
-verpackung, 19
Kupfermangel, 53
Kuppelprodukte, 59, 89
kurzstapelig, 42

Lackbasis, 56
Lamellen, 41
Landwirtschaft, 56
nachhaltige ökologische, 52
Langenwachstum, 40
Langlebigkeit, 16
Längsscheuerung, 33
langstapelig, 42
Lebens
-bereiche, 11, 37
-dauer, 16, 17, 21
-erhaltung, 13
-gefühl, 12
-gewohnheiten, 6
-inhalt, 12
-mittel, 13, 37, 45
-räume, 59, 89
-routine, 12
-weg, 5
-zweck, 7
-zyklen, 5, 7
Lein, 39, 52, 54
Leistung, 15
Licht
-einfall, 33
kurzwelliges, 33
Lignin, 42
Linde, 39
Linolsäure, 51
Lint, 42
Linters, 42
Logistik, 26
Lohnveredlung
passive, 18
Luft, 13
-feuchte, 32
relative, 33
-polster, 14, 20
-zirkulation, 14
Lumen, 41

Makromolekülgitter, 35
Malathion, 42
Mangel, 11
Manilahanf, 39
Marke, 15
Markenorientierung, 15
Marketing, 9
    -strategie, 10
    psychologie, 12
Maschen
    -veredlung, 18
Maschinen, 79
Material, 13, 24, 32, 33, 38, 96
    -beschaffenheit, 55
    -declaration, 107
    natürliches, 18
    rezykliertes, 22
    textiles, 31
Maximalertrag, 39
Mehltau, 53
Mercerisierung, 41
Metall
    galvanisiertes, 18
    nickelhaltiges, 18
Methan, 1, 24
Mexiko, 44
Mikrofibrille, 35
Mindestlohn, 79
Mineraldünger, 44, 52
Mißbilligung, soziale, 11, 16
Mitbewerber, 9
mittelstapelig, 42
Mobilität, 1
Mode, 15
    -entwicklung, 15
    -schöpfer, 16
Molekülgruppen
    polare, 34
    unpolare, 34
monetär, 5
Monokultur, 17, 38, 42, 56
monözisch, 52
Monözisten
    feminine, 48
    maskuline, 49

Nachfrage, 11
Nahrungsmittel, 37, 54, 56
    -produktion, 37
    -überproduktion, 56
Nationalökonomie, 4
Nebenvalenzen, 32
Neolithikum, 54
Nickel, 19
Niederschläge, 44
Normen, 11
Null-Variante, 6
Nützlinge, 17
Nutzung, 13, 37, 38, 54, 70, 94
    medizinische, 70
Nylon, 78

Oberflächen, 24, 30
    -beschaffenheit, 41
    -gewässer, 17
    -region, 34
    spezifische, 29, 33
Öko
    -bilanz, 20
    -institut, 4
    -label, 25
    -logie, 5, 27
    -nomie, 4
    -tex 100, 25
    -textilien, 26
    -waschmittel, 98
Öl
    -gewinnung, 54
    -nutzung, 56
    -pressung, 47
    pflanzliches, 51
Optimierungsansatz, 4
Organophosphate, 26, 42
Ost-Indien-Kompanie, 45

Packungsdichte, 35
Pakistan, 45, 47
Parasiten, 42
Parathion, 42
PCP, 26
Peddigrohr, 39
Pektine, 41, 42
Persönlichkeitbezug, 15
Peru, 40, 45

Pestizid, 17, 26, 42
-ausbringung, 46
-einsatz, 39, 52
-rückstande, 26
Pfahlwurzel, 49
Pflanzen, 16, 44, 45
-arten, 39
-behandlungsmittel, 46
-fasern, 39
-gewebe, 38
-höhe, 71
-öl, 56
-stengel, 71
-wachstum, 42
-zellen, 35
einjährige, 40
einkeimblättrige, 39
zweikeimblättrige, 39
Pflanzenschutz, 46
Pflege, 20
pH-Wert, 26, 52
Phänotyp, 51
Phenole, 50
Phloem, 49
Phosphat, 21
-höchstmengenverordnung, 21
Phosphorpentoxid, 44, 71
Photosynthese, 2
Pigmentschmutz, 34
Pilzkrankheiten, 53
Platzbedarf, 24
Plazierung, 9
Polen, 79
Pollen, 40
Polyacryl, 23
Polyamid, 33
Polyester, 23
Polymerisationsgrad
durchschnittlicher, 33–35
Polypropylen, 23
Porosität, 34
Potential, allergenes, 24
Preis, 9
Preßkuchen, 51
Primär
-energie, 21
-erhebung, 7
-nutzen, 15
-produktion, 26, 38, 47, 59, 89
-produzenten, 19
-wand, 35, 41
Prinzip, ökonomisches, 1
Produkt
-lebensabschnitt, 4
-linien
-analyse, 4, 5
-matrix, 5
-nutzen, 13
-qualität, 59, 89
-recycling, 22
-werbung, 5
Produktion, 5, 7
ökologische, 16
Produktions
-anlagen, 17
-betrieb, 79
-faktor, 5
-halle, 79
-kette, 21
-kosten, 79
-linie, 7
-rückgang, 70
-sphäre, 4
-verfahren, 6, 27
-weise
ökologische, 26
Produzenten, 9
Promotion, 9, 11
proprietär, 25
Prozeß, 38
-optimierung, 21
-wasser, 17
Prozesse
anthropogene, 1
Prüftemteratur, 33
psychoaktiv, 50, 70
Psychologie, 11
Purismus, 16
Pyrethroide, 26

Qualitäts
-zustand, 16
Quellbarkeit, 31
Querschnitt, 5

unregelmäßiger, 33
Querschnittsverringerung, 31
Quinalphos, 42

Ramie, 39
Raphiapalme, 39
Raps, 38, 52, 56
Reaktion
allergische, 19, 24
Reaktionsgleichgewicht, 34
recyclen, 19
Recycling, 21, 22
-fähigkeit, 26
Regen, 70
-schutz, 14
Regenerierbarkeit, 38
Reibschluß, 29
Reinigung, 20
Reinigungsfähigkeit, 28, 34
Reiß
-festigkeit, 28, 31, 56
-verschlüsse, 18, 19
Reizsummenregel, 11
REM, 41
resistent, 53
Resistenz
-bildung, 43
-züchtung, 19
Ressourcen, 1, 39
-verbrauch, 4
Richtlinien, 26, 27
Ringspinnverfahren, 29, 30
Rispen, 50
Roh
-baumwolle, 44, 45
-faser, 73
-produktion, 107
-hanf
-faser, 70
-öl, 23
-stoff
-gewinnung, 5
-lieferant, 94
-markt, 55
-pflanzen, 37, 38
-quelle, 44
-verarbeitung, 5, 26, 27
-verbrauch, 22, 59, 89
nachwachsender, 13, 37
organischer, 37
pflanzlicher, 37, 56
Rohfaser, 21
Röste, 54, 56
-vorgang, 74
-wasser, 72
Rotorspinnverfahren, 30
Rückführung, 21
Rußland, 55

Saat
-dichte, 49
-gut
-reinigung, 53
-stärke, 52
Samen, 40, 50
-ertrag, 70
-haare, 40–42
-pflanzen, 48
parasitäre, 53
-schalen, 40
Samenhaare, 35
Sauberkeit, 22
Sauerstoffbrücke, 35
Schädlinge, 17, 42, 53
tierische, 53
Schadstoffausstoß, 19
Schalen, 47
Scheuerbeständigkeit, 28, 32
Schlichte, 17
-mittel, 17, 27
Schlingenscheuerung, 33
Schmälze, 17
Schmutz
-anteil
effektiver, 33
-aufnahme, 96
-partikel, 34
-verdrängung, 34
Schock
allergischer, 19
Schraubenstruktur, 41
Schweiß, 33
-sekretion, 14
Schwellenland, 17, 45

Schwermetall, 18, 27
-rückstände, 26
Second–Hand–Laden, 21
See
-fahrt, 54
-transport, 45
Seil, 72
-herstellung, 54
-stücke, 54
Sekundärwand, 35, 41, 42
Selbst
-achtung, 12
-darstellung, 15
-erhöhung, 15
-findungsphase, 16
-inszenierung, 15
-verträglichkeit, 39
-vertrauen, 12
-verwirklichung, 12
semi-arid, 44
Sensibilisierung, 19
Shandong, 70
Sisal, 39, 55
Skythen, 54
Sondermüll, 18
Sortenreinheit, 22
Sozial
-daten, 15
-verträglichkeit, 5
Speiseöl, 51
Sperrmüll, 22
Spinn
-eigenschaften, 41
-fäden, 41
-maschinen, 17, 45
-rad, 45
-verfahren, 29, 30
Spinnen, 21
Sri Lanka, 47
Stapellänge, 41
Stengel, 35, 48, 49, 70, 72
-basis, 49
-fasern, 39
-mitte, 49
-rinde, 54
-spitze, 49
Stickoxide, 1
Stickstoff, 44
-bedarf, 52
-dünger, 52
-mangel, 52
Stoff
-kreislauf, 21
-strom, 1, 22
-werte, 32
unphysiologischer, 14
Störfall, 46
Strahlung, 13
Subventions
-abbau, 37
-kosten, 37
Sudan, 44, 45, 47
sustainable developement, 1
Syrien, 45

Tagesrhythmus, 41
tagneutral, 50
Tai'an, 77
Takelage, 55
Technik
gesellschaft, 1
Teebeutelpapier, 56
Temperatur, 14, 33, 52, 70
-beständigkeit, 28
Tenside, 27
Terpene, 50
Tetrahydrocannabinol, 50
Textil
-chemikalien, 24
-erzeugung, 17
-farben, 26
-fragmente, 54
-herstellung, 44
-hilfsmittel, 23
-hilfsmittelkatalog, 17
-industrie, 14, 15, 41
englische, 45
flandrische, 45
-mühle, 77
-produktion, 27
ökologische, 27
-produzenten, 27
-rohstoff, 23
-verarbeitung, 26

-veredler, 17
-veredlung, 18, 19
-wirtschaft, 16
-kennzeichnungsgesetz, 18
THC, 50, 70
Thermodynamik, 23, 34
Thrips, 42
tordieren, 33
Tragblätter, 50
Transport, 21
-aufkommen, 19
-kosten, 79
Treibhaus
-effekt, 1, 38
-gas, 24
Trend, 15
Trennverfahren, 38
Triebreduktion, 11
Trockenheit, 44
Trockenmasse, 38, 44, 73
-ertrag, 53
Trocknen, maschinelles, 20
Trugdolden, 50
Tschad, 45
Türkei, 44, 45, 54

Überproduktion, 37
ubiquitär, 24
Umwelt, 22
-belastung, 20
-bewegung, 38
-einflüsse, 13
-einwirkungen, 4
-gesetze, 45
-gifte, 24
-probleme, 38
-schutz
-auflagen, 17, 18
vorsorgender, 27
-schützer, 56
-toxikologie, 19
-verschmutzer, 16
-verträglichkeitsprufung, 7
-schutz
-maßnahmen, 17
umwelt
-freundlich, 24, 25
-toxikologisch, 25
-verträglich, 38
Unikate, 16
Unkraut
-behandlung, 52
-entwicklung, 52
Ursachen
-zuschreibung, 10
USA, 44, 55

Vegetations
-periode, 42, 44, 52, 53
-verlauf, 44
Verarbeitung, 28, 55, 98, 111
handwerkliche, 44
industrielle, 45
maschinelle, 17
Verarbeitungs
-eigenschaften, 28
-methoden, 73
-möglichkeiten, 55
-stätte, 45
-technik, 55
-technologie, 56, 57
Verbrauch, 20, 22
Verbrennung, 22
Verdunstung, 14
Veredelung, 15, 21, 32, 59, 89
Verfahren, 30, 55
physikalisch-mechanische, 27
umweltoffene, 17
Verfahrens
-schritte, 72
Verflechtung
internationale, 19
Vergiftungen, 17
Vergrauung, 34
Verhalten, 11
Verhaltenstyp, 10
Verkaufsverpackungen, 18
Vermeidung, 22
Verpackungen, 18
Verpackungs
-material, 55
-müll, 18
-verordnung, 18
Verschiffung, 78

Verschnitt, 79
Versorgung
    medizinische, 79
Verspinnbarkeit, 28, 33
Versprödung, 33
Vertikalbetrachtung, 5
Vertrieb, 18
Verwerfen, 22
Verwertung, 21
    energetische, 38
    kommerzielle, 56
    stoffliche, 18, 22
    thermische, 19, 21, 22
Volkswirtschaftslehre, 11

Wachstum, 35, 44
    primäres, 49
Wachstums
    -rate, 15
Warenwirtschaft, 26
Wärme, 12, 13
    -isolation, 14
    -rückhaltung, 28
    -stau, 14
    -schutz, 14
Wasch
    -abwasser, 78
    -barkeit, 97
    -lauge, 19
    -maschinen, 20
    -mittel, 21, 34
    -substanzen, 34
    -vorgang, 34
    -zyklus, 98
Waschen, 20
Waschepflege, 21
Wasser, 20
    -bedarf, 18, 53
    -einsparung, 21
    -güte, 18
    -menge, 16
    -qualität, 59, 89
    -röste, 56
    -stoffbrücken, 35
    -tiefe, 72
    -verbrauch, 44, 59, 89
    biologisch belastet, 74
wasserdicht, 14
Wattierungen, 18
Weben, 21
Webstuhl, 17, 45
Wechsel
    -beanspruchungen, 31
    -beziehungen, 7, 15, 35
    -spiel, 11
    -wirkung, 31
    -wirkungskrafte, 34
Weichmacher, 78
Weide, 39
Weiter
    -bildung, berufliche, 79
    -verwendung, 21
Welt
    -ernte, 42
    -faserverbrauch, 45
    -krieg, 55
    -vergleich, 55
    neue, 44
Werbestrategie, 10
Werte
    werkstoffkundliche, 31
Wertmaßstab, 6
Wesen
    soziales, 10
Widerstandsfähigkeit, 28, 31
windundurchlässig, 14
Wirkung, 50, 59, 89
    beruhigende, 54
    direkte, 19
    narkotische, 54
Wirkungs
    -grad, 38
Wirtschaften
    nachhaltiges, 1
Wissen
    kulturelles, 10
Wolle, 23
Wuchs
    -form, 48
    -höhe, 48
Wurzel, 50
    -ende, 72
    -system, 49
    -teile, 71

WWA-Kleidung, 14

zeitlicher Ablauf, 5
Zell
    -wand, 41
        -ablagerung, 40
Zellen, 35
    -durchmesser, 32
Zellulose, 32, 35, 42
    -fasern, 31
Zerlegung, 21
Zertifikat, 27
Zielgruppe, 10
Zigarettenpapier, 56
Zikaden, 42
Zölle, 79
Zone
    gemäßigte, 52
Zug
    -beanspruchung, 31, 32
    -festigkeit, 41
    dynamischer, 33
    statischer, 33
Zünfte, 44
Zweikeimblättrige, 40, 48
Zweiphasensystem, 32