

Abfallvermeidung und –verminderung im Bereich Technischer Textilien – Hemmnisse und Lösungskonzepte

vorgelegt von
Diplom-Ingenieurin Angelika Tisch

Von der Fakultät III - Prozesswissenschaften
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktorin der Ingenieurwissenschaft
- Dr.-Ing. -
genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Jörg Steinbach
Berichter: Prof. Dr.-Ing. Udo Wiesmann
Berichterin: Dr.-Ing. Judy Libra
Berichterin: Prof. Dr. Ines Weller

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 8. November 2002

Berlin 2003

D 83

Vorwort

Die vorliegende Arbeit habe ich am Institut für Verfahrenstechnik, Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik der Technischen Universität Berlin bei Prof. Dr.-Ing. Udo Wiesmann erarbeitet.

Die Arbeit wurde von der Heinrich Böll Stiftung durch ein Stipendium, das ich von 1998 bis 2001 erhalten habe, finanziell gefördert. Ich danke der Heinrich Böll Stiftung für die finanzielle Unterstützung, ohne die diese Arbeit nicht hätte zustande kommen können. Als Stipendiatin war es mir möglich, an Arbeitsgruppen und Veranstaltungen teilzunehmen, die von der Stiftung stipendiumsbegleitend angeboten wurden. Auch dafür möchte ich der Stiftung danken, da die Treffen nicht nur inhaltlich interessant waren, sondern mir auch die Möglichkeit boten, mich mit anderen Stipendiat/innen auszutauschen.

Ganz besonders danke ich Prof. Dr. Ines Weller, Dr. Judy Libra und Prof. Dr.-Ing. Udo Wiesmann für die sehr engagierte und wertvolle Betreuung meiner Arbeit.

Weiterhin danke ich den befragten Akteur/innen im life cycle der untersuchten Fallbeispiele, für Ihre Bereitschaft, meine Fragen zu beantworten, insbesondere den befragten Zeltherstellern in den USA und dem Hersteller von Sicherheitsgurtbändern.

Dr. Susanne Schön danke ich herzlich für die vielen wertvollen Anregungen zu meiner Arbeit. Daneben danke ich Gertraud Busch, Louise Stewart, Anne Schuchardt und Romy Morana sehr für Ihre Unterstützung.

Meiner Schwester Sabine Tisch danke ich sehr für Ihre Hilfe bei der Übersetzung meiner Fragestellungen ins Englische. Ohne Ihre Anmerkungen wäre die Kommunikation insbesondere mit den Zeltherstellern und –nutzern in den USA sicherlich nicht so problemlos verlaufen.

Schließlich ein großes „Danke schön“ für das Korrekturlesen des Manuskripts vor allem an Bettina Büge, Sabe Wunsch und Anke Fissabre.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Produktbereich Technische Textilien	4
2.1	Definitionsvorschläge.....	4
2.2	Strukturierung des Produktbereichs	7
2.2.1	Produktgestalt	8
2.2.2	Anwendungsbereich.....	10
2.2.3	Eigenschaften.....	13
3	Stoffstrommanagement	15
3.1	Einführung	15
3.2	Schritte des Stoffstrommanagements.....	16
3.3	Stand des Konzepts.....	18
3.4	Strategien zur Abfallreduzierung.....	20
4	Untersuchungsdesign und Methodik	26
4.1	Untersuchungsdesign Stoffstrommanagement.....	26
4.2	Methodik der Auswahl der Fallbeispiele	29
4.2.1	Auswahlkriterien	29
4.2.2	Methodik der Auswahl	31
4.3	Methodik der Befragung der Akteure.....	33
4.4	Methodik der Auswertung der Befragung	36
5	Untersuchung der Fallbeispiele	37
5.1	Fallbeispiel Pavillon.....	37
5.1.1	Produktkunde	37
5.1.2	Lebensweg des Pavillons	38
5.1.3	Stoffstromanalyse des textilen Abfallaufkommens	39
5.1.3.1	Stoffanalyse.....	40
5.1.3.2	Strukturanalyse	40
5.1.3.3	Quantifizierung.....	41
5.1.4	Akteurskette	43
5.1.4.1	Informationsströme	43
5.1.4.2	Einfluss der Akteure auf das Abfallaufkommen.....	44
5.1.4.3	Ursachen für Akteursentscheidungen	46
5.1.5	Bewertung der textilen Abfälle	47
5.1.6	Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung	47
5.1.7	Diskussion der Ergebnisse „Pavillon“	49
5.2	Fallbeispiel Baumwollzelt	51
5.2.1	Produktkunde	51
5.2.2	Lebensweg des Baumwollzeltes	52
5.2.3	Stoffstromanalyse des textilen Abfallaufkommens	53
5.2.3.1	Stoffanalyse.....	53
5.2.3.2	Strukturanalyse	53
5.2.3.3	Quantifizierung.....	55

5.2.4	Akteurskette	57
5.2.4.1	Informationsströme	57
5.2.4.2	Einfluss der Akteure auf das Abfallaufkommen	58
5.2.4.3	Ursachen für Akteursentscheidungen	59
5.2.5	Bewertung der textilen Abfälle	59
5.2.6	Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung	60
5.2.6.1	Verlängerung der Lebensdauer	61
5.2.6.2	Wieder- und Weiterverwendung der Zuschnittabfälle	66
5.2.6.3	Wieder- und Weiterverwendung der Altzelte	67
5.2.7	Diskussion der Ergebnisse „Baumwollzelt“	67
5.3	Fallbeispiel Sicherheitsgurtband	69
5.3.1	Produktkunde	69
5.3.2	Lebensweg des Gurtbandes	70
5.3.3	Stoffstromanalyse des textilen Abfallaufkommens	71
5.3.3.1	Stoffanalyse	72
5.3.3.2	Strukturanalyse	72
5.3.3.3	Quantifizierung	73
5.3.4	Akteurskette	75
5.3.4.1	Informationsströme	76
5.3.4.2	Einfluss der Akteure auf das Abfallaufkommen	77
5.3.4.3	Ursachen für Akteursentscheidungen	78
5.3.5	Bewertung der textilen Abfälle	80
5.3.6	Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung	81
5.3.6.1	Verlängerung der Lebensdauer	82
5.3.6.2	Wieder- und Weiterverwendung des Altbandes durch Autoverwerter	82
5.3.6.3	Weiterverwendung des Altbandes durch den Autohersteller	83
5.3.6.4	Wiederverwertung von Garnresten	83
5.3.6.5	Wiederverwertung von Bandabfällen	84
5.3.6.6	Weiterverwertung von Garnresten	85
5.3.6.7	Weiterverwertung von Bandabfällen	86
5.3.6.8	Minimierung der Masse	87
5.3.6.9	Minimierung problematischer Materialien	87
5.3.7	Diskussion der Ergebnisse „Sicherheitsgurtband“	88
6	Ergebnisse	92
6.1	Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg der Fallbeispiele	92
6.1.1	Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung	92
6.1.2	Theoretisch umsetzbare Strategien zur Abfallreduzierung	95
6.2	Rahmenbedingungen	97
7	Zusammenfassung	102
	Literaturverzeichnis	104

Abkürzungsverzeichnis

BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
EPEA	Environmental Protection Encouragement Agency
HD-PE	Polyethylen hoher Dichte (high density)
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LD-PE	Polyethylen niedriger Dichte (low density)
PE	Polyethylen
TA	Technische Anleitung
UV	Ultraviolett
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDI	Verein deutscher Ingenieure

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Definitionen und Definitionsvorschläge für den Begriff „Technische Textilien“	4
Abb. 2	Begriffsschema textiler Produkte (nach Daimler 1975)	6
Abb. 3	Definition des Begriffs „Technische Textilien“	7
Abb. 4	Funktionen Technischer Textilien.....	13
Abb. 5	Massenströme im Bilanzsystem Produktlinie	28
Abb. 6	Darstellung wesentlicher Beziehungen für das Management von Stoffströmen (vgl. De Man 1997)	29
Abb. 7	Abbildung des untersuchten Pavillons.....	38
Abb. 8	Hauptlinie der textilen Kette (Pavillon).....	39
Abb. 9	Textile Abfallströme im Lebensweg des Pavillons	40
Abb. 10	Informationsströme zwischen den Akteuren der untersuchten Lebenswegphasen (Pavillon)	43
Abb. 11	Textile Abfallströme, die verwertet werden	48
Abb. 12	Massenströme des Polyethylengewebes im Lebensweg des Pavillons	48
Abb. 13	Hauptlinie der textilen Kette (Baumwollzelt).....	52
Abb. 14	Textile Abfallströme im Lebensweg des Baumwollzeltes.	54
Abb. 15	Abbildung des exemplarisch untersuchten Baumwollzeltes (Panther Primitives 2002).....	55
Abb. 16	Informationsströme zwischen den Akteuren der untersuchten Lebenswegphasen (Baumwollzelt).....	57
Abb. 17	Textile Abfallströme, die verwertet und verwendet werden	60
Abb. 18	Jährliche Massenströme der textilen Abfälle im Lebensweg des Baumwollzeltes in den USA	61
Abb. 19	Fördernde Faktoren für die Umsetzung der Strategie „Verlängerung der Lebensdauer“	65
Abb. 20	Hauptlinie der textilen Kette (Sicherheitsgurtband).....	70
Abb. 21	Textile Abfallströme im Lebensweg des Sicherheitsgurtbandes	73
Abb. 22	Textile Abfälle in der Weberei und der Systemherstellung	74
Abb. 23	Berechnung der Masse der textilen Bandabfälle pro Gurtband in den Phasen Weberei und Systemherstellung	74
Abb. 24	Informationsströme zwischen den Akteuren der untersuchten Lebenswegphasen (Sicherheitsgurtband).....	76
Abb. 25	Einflussfaktoren auf die Masse an Bandabfall	79
Abb. 26	Textile Abfallströme, die verwendet und verwertet werden	81

Tabellenverzeichnis

Tab.1	Kriterien zur Strukturierung des Produktbereichs der Technischen Textilien	8
Tab.2	Masse und Anteil unterschiedlicher Faserarten zur Herstellung Technischer Textilien in Westeuropa im Jahr 1995 (N.N. 1997)	8
Tab. 3	Weltweiter Verbrauch Technischer Textilien in Bezug auf die textile Verarbeitung in den Jahren 1985, 1995 und 2005 (Prognose), (Rigby 1997)	9
Tab. 4	Einteilung der Technischen Textilien nach der Branche.....	10
Tab. 5	Masse der weltweit in den Jahren 1985, 1995 und 2005 (Prognose) hergestellten Technischen Textilien, unterteilt nach Branchen (Rigby 1997)	11
Tab. 6	Zuordnung der Strategien zur Abfallreduzierung zur Systematik des KrW-/AbfG und der Systematik von Huber.....	25
Tab. 7	Auswahlkriterien und entsprechende Eigenschaften der drei ausgewählten Technischen Textilien	32
Tab. 8	Umfang der schriftlichen und mündlichen Befragung der Experten.....	35
Tab. 9	Masse und Größe des Zuschnittabfalls und des Altgewebes eines einzelnen Pavillons sowie aller Pavillons, die in Deutschland jährlich entsorgt werden.	42
Tab. 10	Masse der textilen Abfälle im Lebensweg des Baumwollzeltes	57
Tab. 11	Masse der Bandabfälle	75
Tab. 12	Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilartikel	93
Tab. 13	Strategien zur Abfallreduzierung, die ein nennenswertes Abfallreduzierungs-potenzial im Lebensweg des jeweiligen Fallbeispiels versprechen	97

1 Einleitung

Unsere derzeitige Wirtschaftsweise ist geprägt durch den zunehmenden Verbrauch von Rohstoffen, die zu einem Teil nicht erneuerbar sind, und der Produktion von nicht oder nur schwer abbaubaren Stoffen, die sich in der Umwelt anreichern. Beides führt zu einer Veränderung der Umweltsituation, die sich beispielsweise in einer Zunahme anthropogener Schadstoffe im Boden, der Verringerung der Ozonschicht oder der steigenden Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre äußert. Einen möglichen Ausweg aus dieser Entwicklung bietet ein Wirtschaften, das sich am Leitbild der nachhaltigen Entwicklung orientiert. Diese wird umschrieben als eine dauerhafte Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen (Brundlandt 1987). Um sich diesem Leitbild zu nähern, müssen anthropogen erzeugte Stoffströme reduziert und dahingehend verändert werden, dass Abfälle die Qualität von Stoffen annehmen, die für die Herstellung neuer Produkte verwendet oder problemlos in den Naturhaushalt zurückgeführt werden können (vgl. Hofmeister 1998).

In der vorliegenden Arbeit wird der Produktbereich der Technischen Textilien danach untersucht, welche Strategien zur Reduzierung textiler Abfälle umgesetzt werden und inwieweit sich damit erste praktische Ansätze für eine Annäherung an das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung zeigen. Die Technischen Textilien wurden gewählt, da sie mengenmäßig bedeutend sind, Wachstumstendenzen zeigen und ein großes Innovationspotenzial besitzen. Daneben sind die Technischen Textilien im Gegensatz zu den Bekleidungstextilien, zu denen eine beachtliche Anzahl von Studien über die ökologischen Auswirkungen der textilen Kette vorliegt, bislang einer systematischen Untersuchung entgangen.

Im Jahr 1993 bestand fast die Hälfte der Masse der in Deutschland hergestellten Textilien aus Technischen Textilien, während die Bekleidung nur rund 20 Prozent der textilen Produktion ausmachte (Dönnebrink 1998). Untersuchungen des Marktes prognostizieren für das Segment der Technischen Textilien zukünftig eine hohe Wachstumsgeschwindigkeit (vgl. zum Beispiel Rigby 1997). Eine wichtige Ursache dieser Entwicklung ist, dass die deutsche Textilindustrie mit Technischen Textilien ihr Überleben sichert. Während die Produktion von Bekleidungstextilien mit ihren Standardqualitäten Deutschland in Richtung billiger produzierendes Ausland verlässt beziehungsweise bereits verlassen hat, versucht die verbleibende Textilindustrie bislang erfolgreich durch Materialinnovationen, Spezialisierungen, verstärkte Kontakte zum Kunden und der Suche nach neuen Anwendungsbereichen konkurrenzfähig zu bleiben.

Aus der Abfallperspektive sind die Technischen Textilien auch deshalb interessant, weil die für diesen Bereich entwickelten Fasern und Gewebe zunehmende Verbreitung im Bereich der Bekleidung finden. So scheint es, dass Innovationen für Bekleidungsmode vorwiegend durch die Verwendung neuer Stoffe, insbesondere aus dem Bereich der Technischen Textilien, erwartet werden (vgl. Magerl, Schlotfeldt 1998). Zur Zeit werden beispielsweise in der Ober- und Sportbekleidung originär technische Materialien wie hochfeste Nylonfasern, Karbonfasern oder Mischungen aus Polyamid und Elasthan, die für eine matte und glänzende Oberfläche sorgen, angeboten (vgl. Gehrman 2001).

Übergreifendes Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Produktbereich der Technischen Textilien aus der Abfallperspektive zu untersuchen und so einen Beitrag zur Abfallreduzierung zu leisten.

Unter dem Begriff der Abfallreduzierung werden hier sowohl die Maßnahmen der Abfallvermeidung, die vor Entstehung des Abfalls greifen und zu einer Verminderung der Menge und der Schädlichkeit von Abfällen führen (Enquete-Kommission 1994), als auch die Maßnahmen der Abfallverminderung in Form der stofflichen Verwertung von Abfällen zusammengefasst. Dagegen wird die Beseitigung von Abfällen in Form der Verbrennung oder Deponierung sowie die energetische Verwertung von Abfällen hier nicht als Abfallreduzierung bezeichnet. Die vorliegende Arbeit nähert sich dem Ziel, einen Beitrag zur Abfallreduzierung zu leisten, induktiv mit der Analyse von drei ausgewählten Technischen Textilartikeln, deren Lebensweg mit der Methode des Stoffstrommanagements untersucht wird. Die Arbeit beschränkt sich dabei auf textile Abfälle.

Die Ziele der Untersuchung sind, die Menge und die Gefährlichkeit der textilen Abfälle im Lebensweg der Fallbeispiele zu ermitteln und sowohl die Entscheidungen der Akteure, die zur Entstehung textiler Abfälle führen, als auch die Ursachen dieser Entscheidungen ausfindig zu machen. Weitere Ziele liegen in der Analyse der Strategien zur Abfallreduzierung, die im Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilartikel bislang umgesetzt werden, ihrer Reichweite und Wirksamkeit und der Faktoren, die die Umsetzung hemmen oder fördern. Daneben soll ermittelt werden, durch welche Maßnahmen textile Abfälle im Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilartikel wirksam reduziert werden könnten.

Zentrale Fragestellungen der Arbeit sind, ob textile Abfälle in Bezug auf ihre Menge und/oder ihre Gefährlichkeit für Mensch und Umwelt relevant sind und wenn ja, inwieweit sich im Produktbereich erste Entwicklungen in Richtung nachhaltiger Entwicklung zeigen. Daneben wird danach gefragt, welche Faktoren eine Umsetzung von Strategien zur Abfallreduzierung hemmen oder fördern. Der Arbeit liegen die Hypothesen zu Grunde, dass die textilen Abfälle in der Produktlinie der Technischen Textilien sowohl in Bezug auf ihre Masse als auch auf ihre Gefährlichkeit relevant sind und dass eine Umsetzung von Strategien zur Abfallreduzierung durch Faktoren gehemmt wird, die nur zu einem geringen Teil stofflicher oder technischer und in der Regel ökonomischer Natur sind. Es wird angenommen, dass Ansätze einer nachhaltigen Entwicklung im Produktbereich der Technischen Textilien bislang „kaum Wurzeln geschlagen“ haben.

Das Design der vorliegenden Arbeit sieht zunächst in Kapitel zwei eine Definition des Begriffs „Technische Textilien“ vor. Daneben wird hier der Produktbereich strukturiert, um eine Basis für die Auswahl der Fallbeispiele zu schaffen. Einzelne Kriterien zur Strukturierung Technischer Textilien werden der Auswahl zu Grunde gelegt, mit dem Ziel, die Vielfalt des Produktbereichs in den Fallbeispielen abzubilden.

In Kapitel drei wird das Konzept Stoffstrommanagement vorgestellt. Das Stoffstrommanagement dient in der vorliegenden Arbeit zum einen als Methode zur Untersuchung des Lebensweges der ausgewählten Technischen Textilartikel. Zum anderen wird der Lebensweg der ausgewählten Produkte auf Ansätze des Stoffstrommanagements, also Ansätze einer unmittelbaren und systematischen Beeinflussung anthropogener Stoffströme (vgl. Hofmeister 1998), untersucht, die die Reduzierung textiler Abfälle zum Ziel haben. Die Untersuchung basiert auf sechs Strategien zur Abfallreduzierung, die in Kapitel drei genannt und diskutiert werden.

Das Untersuchungsdesign der Arbeit sowie die Methodik der Auswahl der Fallbeispiele, der Befragung der Expert/innen und der Auswertung der Informationen werden in Kapitel vier erläutert.

Das fünfte Kapitel gibt die Ergebnisse der Untersuchung der drei Fallbeispiele wieder. Dargestellt werden die Strukturen der Produktlinien, die relevanten textilen Stoffströme, die Entscheidungen der Akteure, durch die der textile Abfall verursacht wird, sowie die Ursachen für diese Entscheidungen. Daneben werden die umgesetzten Strategien zur Abfallreduzierung, die Faktoren, die eine Umsetzung dieser Strategien hemmen oder fördern, sowie spezifische Rahmenbedingungen der Fallbeispiele, die das Abfallaufkommen beeinflussen, erläutert.

In Kapitel sechs werden die Strategien zur Abfallreduzierung, die im Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilartikel bislang umgesetzt werden, zusammenfassend dargestellt und in Bezug auf ihren Umfang und ihre Reichweite bewertet. Daneben wird diskutiert, welche Strategien sich für die einzelnen Fallbeispiele, unabhängig von den bestehenden restriktiven Rahmenbedingungen, eignen würden. Abschließend wird zusammenfassend dargestellt, wie sich die zur Zeit existierenden Rahmenbedingungen auf das textile Abfallaufkommen im Lebensweg der Fallbeispiele auswirken und durch welche veränderten Rahmenbedingungen eine Reduzierung der textilen Abfälle unterstützt werden könnte.

2 Produktbereich Technische Textilien

Im folgenden Kapitel werden verschiedene Definitionsvorschläge für Technische Textilien genannt und diskutiert. Eine Definition wird gewählt, die das in der vorliegenden Arbeit betrachtete Untersuchungsfeld abgrenzen soll. Der Produktbereich der Technischen Textilien, der sich durch eine ausgesprochene Vielfalt kennzeichnen lässt, wird strukturiert nach Anwendungsbereichen, Eigenschaften und der Produktgestalt. Die zur Strukturierung verwendeten Kriterien werden der späteren Auswahl der Fallbeispiele zu Grunde gelegt (vgl. 4.2).

2.1 Definitionsvorschläge

Eine einheitliche Definition des Begriffs „Technische Textilien“ existiert bislang nicht. In Publikationen zum Thema Technische Textilien wird der Begriff entweder nicht definiert oder es werden neue Definitionen oder Definitionsvorschläge entwickelt. Für die vorliegende Arbeit werden Definitionen des Begriffs aus Lexika, von Textilverbänden und sonstigen Organisationen dargestellt und diskutiert. Als Ergebnis wird eine Definition ausgewählt, mit deren Hilfe der in der Arbeit betrachtete Produktbereich abgegrenzt wird. In der folgenden Abbildung sind Definitionen bzw. Definitionsvorschläge dargestellt.

Chemiefaser-Lexikon (Koslowski 1997, S. 159-160): „Technische Textilien, für Anwendung in technischen Einsatzgebieten. Zusammen mit Bekleidungs-, Haus- und Heimtextilien bilden sie die Textilbranche“.

Textil-Fachwörterbuch (Kiessling, Matthes 1993, S. 370-371): „Technische Textilien, Sammelbegriff für zu industriellen Zwecken verwendete Textilerzeugnisse. (...) Sie werden zum Teil in wirtschaftlichen Produktionsstraßen erzeugt.“

Altenhövel, Forschungsstelle für allgemeine und textile Marktwirtschaft (1997, S. 2): „Der Begriff Technische Textilien wird in der Regel negativ abgegrenzt. Nach dieser Definition sind Technische Textilien alle Textilien, die nicht zu Bekleidungs-, Haus- und Heimtextilien gehören.“

Egbers, Direktor des Instituts für Textil- und Verfahrenstechnik, Denkendorf (1986): Eine Abgrenzung der Technischen Textilien von den sonstigen Textilien ist schwierig, da die Grenzen zwischen Technik und Textil im klassischen Sinne fließend sind. Technische Textilien sind geprägt durch den Werkstoff aus dem sie gefertigt sind und durch den Einsatzzweck.

Begemann, Gesamtverband der Textilindustrie in der Bundesrepublik Deutschland (1998): Eine einheitliche Definition des Begriffs „Technische Textilien“ wird sich kaum finden, da sich die Einsatzgebiete für Technische Textilien ständig ausweiten. Durch die Anwendungen Technischer Textilien lässt sich zumindest der Bereich der Technischen Textilien von Bekleidungstextilien sowie Haus- und Heimtextilien abgrenzen.“

Daimler (1975, S. 41): „Technische Textilien sind Halbfabrikate, die zum Teil in mehreren Verarbeitungsstufen (thermisch, mechanisch und chemisch) zu Halbfertigfabrikaten bearbeitet werden. Hier spielt auch die Vereinigung mit anderen, zum Teil nichttextilen Stoffen eine bedeutende Rolle. „Technische Textilien erfüllen Hilfs- oder Schutzfunktionen in Verbrauchs- und Gebrauchsgütern außerhalb üblicher Bekleidung und Heimtextilien sowie bei der Produktion von Gütern und Leistungen“.

Fachinformationszentrum Technik (1997): „Technische Textilien sind in einer weiten Abgrenzung alle Textilien, die nicht in die Verwendungsbereiche Bekleidung, Heim- und Haustextilien einzuordnen sind. Sie unterscheiden sich von den anderen Gruppen durch besondere physikalische, chemische oder anwendungstechnische Eigenschaften.“

Jänicke, Messe Frankfurt, Tectextil (1998): „Eine einheitliche Definition des Begriffs `Technische Textilien` gibt es bisher nicht. Es setzt sich jedoch mehr und mehr die Definition durch, dass Technische Textilien solche Textilien sind, die für technische Anwendungen eingesetzt werden. Mit anderen Worten: Der Einsatz/die Anwendung bestimmt die Eingruppierung. Diese Definition trifft sicher in den allermeisten Fällen zu, jedoch gibt es auch eine ganze Reihe von Feldern, wo sich die Frage stellt, ist der Einsatz noch Bekleidung oder z.B. eine eher innovativ ausgerichtete Schutzfunktion. Als Beispiel seien hier die `off-shore-Anzüge`, Rennfahreroveralls usw. genannt.“

Rigby David, Associates, Marktforschungs- und Consultingunternehmen (1997): Technische Textilien sind alle auf Fasern und Garnen basierende Produkte, die später zu Endprodukten verarbeitet werden und vornehmlich technischen bzw. praktischen anstatt ästhetischen Zwecken dienen. D.h. die fertig konfektionierten Endprodukte, die aus technischen Textilien hergestellt werden, zählen nicht dazu, ebensowenig Fasern und Garne. Technische Textilien sind demnach Vorprodukte bzw. halbfertige Produkte.

Abb. 1: Definitionen und Definitionsvorschläge für den Begriff „Technische Textilien“

Neben der bislang fehlenden einheitlichen Definition des Begriffs „Technische Textilien“ belegen einzelne Aussagen in den oben genannten Definitionsvorschlägen, wie schwierig eine genaue Abgrenzung des Produktbereichs von den sonstigen Textilien ist. Die Mehrzahl der Definitionen grenzt die Technischen Textilien nach dem Anwendungsbereich ab. Oftmals über eine Negativabgrenzung, nach der Technische Textilien die Textilien sind, die weder zur Bekleidung noch zu den Haus- und Heimtextilien gehören. Eine positive Abgrenzung des Produktbereichs findet sich nur in der Definition von Jänicke (1998) und der Definition aus dem Chemiefaser-Lexikon (1997). Hier sind Technische Textilien solche Textilien, die in technischen Bereichen verwendet werden. Diese positive Abgrenzung schränkt den Produktbereich sehr stark ein. Die negativen Abgrenzungen lassen unberücksichtigt, dass es Überschneidungen insbesondere zwischen den Bekleidungs- und den Technischen Textilien gibt. So zählt die Schutzbekleidung, zum Beispiel die Arbeitsbekleidung der Feuerwehr, allgemein zu den Technischen Textilien. Auch die Schulterpolster oder Futterstoffe von Bekleidungstextilien werden zu den Technischen Textilien gerechnet und nicht zum Bereich Bekleidung.

Nur wenige Definitionen grenzen die Technischen Textilien nach ihren Eigenschaften ab. Das Fachinformationszentrum Technik (1997) nennt in seiner Definition die besonderen thermischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften der Technischen Textilien. Das Marktforschungs- und Consultingunternehmen David Rigby Associates (1997) grenzt Technische Textilien auf Grund der anscheinend eher praktischen und technischen Eigenschaften von den anscheinend eher ästhetischen Eigenschaften der Bekleidungs-, Haus- und Heimtextilien ab. Da sich die Eigenschaften von Technischen Textilien und sonstigen Textilien gleichen können, erscheint eine Abgrenzung auf der Grundlage der Gewebeeigenschaften als nicht sinnvoll. So werden einzelne Technische Textilien aus einem Gewebe hergestellt, das in den Bereichen Bekleidung, Haus- und Heimtextilien gebräuchlich ist. Daneben wird verstärkt spezifisches Gewebe aus dem Produktbereich Technischer Textilien für die Herstellung von Bekleidung verwendet (Magerl, Schlotfeldt 1998). Auch der konstruierte Gegensatz zwischen den praktischen oder technischen Eigenschaften Technischer Textilien und den ästhetischen Eigenschaften der sonstigen Textilien übersieht, dass das Kriterium der Ästhetik in wichtigen Bereichen der Technischen Textilien - beispielsweise im Freizeitbereich oder im Bereich der Schutztextilien – ein wesentliches Kriterium ist.

Das Technische Textil wird in verschiedenen Produktionsstufen von der Faser bis zum Halb-fertigprodukt produziert. Anschließend wird es in der Regel mit nichttextilen Produkten verbunden. Nicht alle Produkte der einzelnen Produktionsschritte gelten als Technische Textilien. Ein Teil der Definitionen Technischer Textilien berücksichtigt die Phase in der Produktionskette, in der das textile Produkt als Technisches Textil bezeichnet werden kann. Für Daimler (1975) stellt das textile Halbprodukt vor der Ausrüstung das Technische Textil dar. Das Produkt nach der Ausrüstung bezeichnet er dagegen als Technischen Textilartikel. Zur Ausrüstung zählt er neben der chemischen und mechanischen Ausrüstung auch das Kleben, Nähen oder Einbetten des Textils in Kunststoff. In Abb. 2 sind die einzelnen textilen Produkte des Herstellungsprozesses dargestellt. Aus der Abbildung ist erkennbar, dass das Technische Textil aus Technischen Fasern besteht, die selbst nicht als Technische Textilien bezeichnet werden. Diese Technischen Fasern umfassen textile Fasern, also Fasern, die auch für die Herstellung von Bekleidungs-, Haus- und Heimtextilien verwendet werden und Technische Fasern im engeren Sinne, die speziell für Technische Textilien entwickelt wurden. Zu ihnen zählen „High-tech-Fasern“ wie Kevlar und Karbonfasern, aber auch Polyethylenbändchen und hochfestes Polyester.

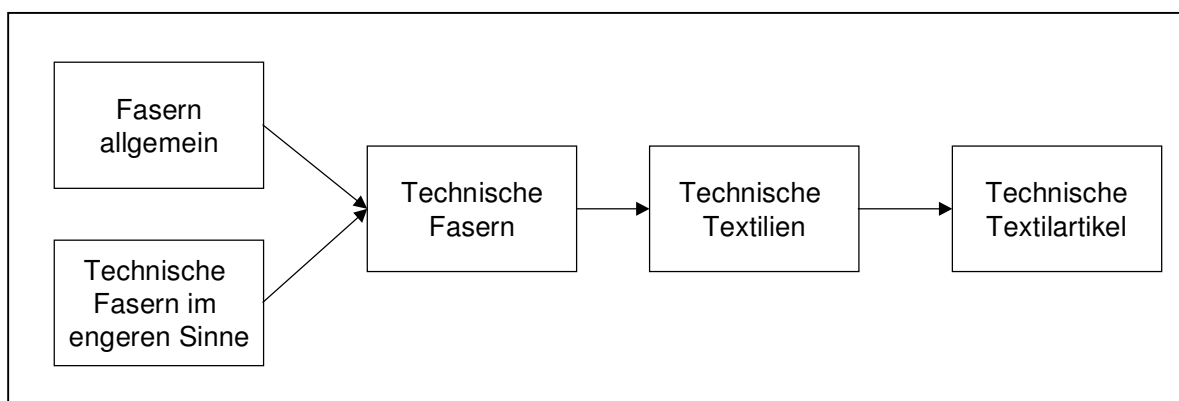


Abb. 2: Begriffsschema textiler Produkte (nach Daimler 1975)

In diesem Sinne stellen die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Fallbeispiele eigentlich Technische Textilartikel dar. Da der Begriff aber relativ ungebräuchlich ist, wird im Folgenden teilweise auch dann der Begriff Technische Textilien verwendet, wenn eigentlich Technische Textilartikel gemeint sind.

Auch das Marktforschungs- und Consultingunternehmen David Rigby Associates (1997) definiert Technische Textilien als auf Fasern und Garnen basierende Vorprodukte oder halbfertige Produkte, die später zu Endprodukten verarbeitet werden. Weder die fertig konfektionierten Endprodukte noch die Fasern und Garne werden als Technische Textilien bezeichnet. Der Produktionsschritt sollte in der Definition Technischer Textilien berücksichtigt werden, um beispielsweise die Masse der produzierten Technischen Textilien bestimmen zu können und Mehrfachzählungen zu vermeiden. Soll beispielsweise die Masse der in der Europäischen Union hergestellten Technischen Textilien für die Verwendung in Airbags ermittelt werden, so darf bei der Berechnung lediglich die Masse des Gewebes vor der Ausrüstung berücksichtigt werden. Das Filamentgarn zur Herstellung des Gewebes zählt zu den Technischen Fasern, das ausgerüstet Gewebe bereits zu den Technischen Textilartikeln.

In der Definition des Textil-Fachwörterbuches (1993) werden Technische Textilien als Textilien definiert, die für industrielle Zwecke eingesetzt werden. Diese Definition ist veraltet. Früher wurde besonders in angelsächsischen Ländern nicht von Technischen Textilien sondern von Industrietextilien gesprochen (vgl. Daimler 1975). Heute stellen die Industrietextilien nur noch den Teilbereich der Technischen Textilien dar, die in industriellen Prozessen eingesetzt werden.

Am sinnvollsten erscheint als Definition für Technische Textilien die Negativabgrenzung des Produktionsbereichs, ergänzt um den Teil der Bekleidungstextilien, der zu den Technischen Textilien gezählt wird. Zusätzlich wird die Produktionsstufe berücksichtigt. Für die vorliegende Arbeit wird der Begriff der Technischen Textilien wie folgt bestimmt:

Technische Textilien sind Vorprodukte oder Halbfertigprodukte (Produkte vor der Einarbeitung in das Endprodukt und nach dem Faser- und Garnzustand), die nicht in den Bereichen Bekleidung, Haus- und Heimtextilien verwendet werden. Zusätzlich werden zu den Technischen Textilien die spezifische Schutzbekleidung und die Bestandteile von Bekleidung gezählt, die Verfüllungs- oder Stützfunktionen besitzen.

Abb. 3: Definition des Begriffs „Technische Textilien“

2.2 Strukturierung des Produktbereichs

Auf Grund der Vielfalt der Technischen Textilien – so zählen hierzu Textilien wie Nähfäden für den chirurgischen Bedarf, Geotextilien zum Schutz im Deponiebau, Überdachungen von Gebäuden oder Filtermaterialien – ist eine Strukturierung des Produktbereichs sinnvoll. Die folgende Einteilung dient darüber hinaus auch der Auswahl von drei Technischen Textilartikeln, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden. Zu den Kriterien, die eine relativ einfache Zuordnung der Technischen Textilien erlauben, da sie keine aufwendige Untersuchung der jeweiligen Produktlinie erfordern, zählen die Produktgestalt, der Anwendungsbereich und die Eigenschaften des Technischen Textils. Diese Kriterien werden in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Kriterien zur Strukturierung des Produktbereichs der Technischen Textilien

Produktgestalt	Anwendungsbereich	Eigenschaften
Faserart	Branche	Funktion
Textile Verarbeitung	Verarbeitende Industrie	Qualitätsniveau
	Private/öffentliche/ industrielle Anwendung	Nutzungsdauer

Die Produktgestalt kann weiter unterteilt werden in die Art der verwendeten Fasern und die textile Verarbeitung des Technischen Textils. Bei der Unterteilung nach dem Anwendungsbereich kann das Technische Textil nach der Branche eingeteilt werden, in der es genutzt wird, nach dem Industriezweig, in dem es verarbeitet wird oder danach, ob es sich bei den Nutzern um die Industrie, öffentliche Einrichtungen oder Privatpersonen handelt. Auch die Eigenschaften der Technischen Textilien sind weiter differenzierbar in die Funktion, die zu einem bestimmten Teil die Eigenschaften bestimmt, das Qualitätsniveau sowie die Nutzungsdauer.

2.2.1 Produktgestalt

Faserart

Technische Textilien können nach der Faserart unterteilt werden, aus der sie bestehen. Hier können zunächst Textilien aus Naturfasern von den Textilien aus Chemiefasern unterschieden werden, wobei weitere Unterteilungen möglich sind. In Tab. 2 ist die Menge und der Anteil mengenmäßig bedeutender Chemiefasern, der Baumwolle, der Wolle und sonstiger Fasern dargestellt, die 1995 in Westeuropa zu Technischen Textilien verarbeitet wurden.

Tab. 2: Masse und Anteil unterschiedlicher Faserarten zur Herstellung Technischer Textilien in Westeuropa im Jahr 1995 (N.N. 1997)

Faserart	Menge zur Verwendung in Technischen Textilien [t]	Anteil in Technischen Textilien [%]
Polyester	350.000	27
Polypropylen	330.000	26
Polyamid/Polyacryl	160.000	12
Cellulosefasern	230.000	18
Sonstige Chemiefasern	30.000	2
Baumwolle	181.000	14
Wolle und andere Fasern	13.000	1
Gesamt	1.294.000	100

Insgesamt wurden 1995 85% der in Westeuropa verarbeiteten Technischen Textilien aus Chemiefasern hergestellt und nur 14% aus Baumwolle. Die meistverwendete Chemiefaser war Polyester, gefolgt von Polypropylen und cellulosischen Fasern.

Besondere „High-tech-Fasern“ wie Kevlar und Karbonfasern sind in der Gruppe der sonstigen Fasern zusammengefasst, die nur einen Anteil von 2% an den Technischen Textilien ausmachen. Bei der Einteilung nach der Faserart ist zu berücksichtigen, dass sich viele Technische Textilien aus einer Mischung verschiedener Faserarten zusammensetzen. Aktuellere Zahlen als die in der oben angegebenen Tabelle liegen leider nicht vor, da insbesondere aus den Zahlen des Statistischen Bundesamtes die Rohstoffzusammensetzung der in der Bundesrepublik verfügbaren Technischen Textilien nicht zu erfassen ist. Die amtliche Statistik schlüsselt zum Beispiel nicht alle Rohstoffmischungen auf und macht bei teiltexilen Produkten keine genauen Angaben zu den Rohstoffen der textilen Zutaten.

Textile Verarbeitung

Technische Textilien können nach ihrer textilen Verarbeitung unterteilt werden erstens in Fasern und Garne, zweitens in Gewebe, Gestricke und Gewirke, drittens in Vliesstoffe und Filzprodukte sowie viertens in Composites (vgl. Rigby 1997). Die Gruppe der Vliesstoffe und Filzprodukte wird auch als Nonwovens bezeichnet. Composites sind Textilien, die mit einem oder mehreren anderen Materialien auf makroskopischer Ebene zu einem Werkstoff verbunden sind (vgl. Rouette 1995). Sie werden auch Verbundstoffe genannt. Um den Anteil der einzelnen textilen Verarbeitungsarten an den Technischen Textilien abschätzen zu können, wird in Tab. 3 der weltweite Verbrauch Technischer Textilien in Abhängigkeit von der textilen Verarbeitung in den Jahren 1985, 1995 und für das Jahr 2005 (Prognose) dargestellt. In der Tabelle sind die zwei Produktgruppen Fasern und Garne sowie Gewebe, Gestricke und Gewirke zusammengefasst.

Tab. 3: Weltweiter Verbrauch Technischer Textilien in Bezug auf die textile Verarbeitung in den Jahren 1985, 1995 und 2005 (Prognose), (Rigby 1997)

	Masse 1985 [1.000 t]	Anteil [%]	Masse 1995 [1.000 t]	Anteil [%]	Masse 2005 [1.000 t]	Anteil [%]	jährliches Wachstum [%] 85-95	jährliches Wachstum [%] 95-05
Fasern, Garne, Gewebe, Gestricke, Gewirke	2.629	43	3.406	37	4.096	31	2,6	1,9
Nonwovens	1.257	21	2.506	27	4.300	32	7,1	5,5
Composites	887	15	1.492	16	2.581	19	5,3	5,6
Andere Textilien	1.289	21	1.917	21	2.711	20	4,0	3,5
Summe	6.062	100	9.321	100	13.688	100	4,4	3,9

Etwa ein Fünftel der Textilmenge kann den Produktgruppen Fasern, Garne, Gewebe, Gestricke, Gewirke, Nonwovens und Composites nicht zugeordnet werden.

Eine Ursache hierfür liegt in der unzureichenden Differenzierung der Daten, die den Verfassern der Marktstudie zur Verfügung standen (Rigby 1997). Sie sind in der Tabelle unter dem Begriff „andere Textilien“ aufgeführt.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass der Anteil der Fasern, Garne, Gewebe, Gestricke und Gewirke an den Textilprodukten sinkt, während der Anteil der Nonwovens und der Composites weiterhin steigt. Nach dieser Prognose wird die Gruppe der Vliesstoffe (Nonwovens) im Jahr 2005 die mengenmäßig größte Gruppe im Produktbereich der Technischen Textilien sein.

2.2.2 Anwendungsbereich

Branche

Die Einteilung der Technischen Textilien nach der Branche in der sie angewendet werden, wurde von der Fachmesse Tectextil in Zusammenarbeit mit dem Marktforschungs- und Consultingunternehmen David Rigby Associates erarbeitet (Rigby 1997). Technische Textilien werden hier einer von zwölf Branchen zugeordnet, die in Tab. 4 genannt und erläutert werden.

Tab. 4: Einteilung der Technischen Textilien nach der Branche

Branche	Anwendungsbereiche	Beispiele
Agrotech	Land- und Forstwirtschaft	Netze, Schnüre zum Fischen, Vliesstoffe für den Transport von Feuchtigkeit und Dünger
Buildtech	Bauwesen	Textilien und Verbundstoffe für den Bau von dauerhaften und temporären Gebäuden
Clothtech	Technische Komponenten von Bekleidung und Schuhen	Schuhfutterstoffe, Nähzwirn und Vliesstoffe in der Konfektion (Ehrler, Maute 1986)
Geotech	Erdbau	Netze zur Verstärkung weicher Baugründe, Vliesstoffe zur Uferbefestigung
Homotech	Wohnbereich außerhalb der Haus- und Heimtextilien	Unterlagen von Teppichböden, Polsterungen von Möbeln (Ehrler, Maute 1986)
Indutech	Industrie und Gewerbe	Flexible Behälter, Filter und Dichtungen
Medtech	Gesundheit und Hygiene	Wundverbände, chirurgische Textilien und medizinische Schutzkleidung
Mobiltech	Passagier- und Gütertransport	Airbags, Schläuche und Bänder
Oekotech	Umweltschutz	Geotextilien, Filter, Dämmstoffe
Packtech	Aufnahme, Beförderung und Lagerung von Gütern	Gewebe für Säcke, flexible Großbehälter, Umhüllungen für Nahrungsmittel
Protech	Schutz von Personen u.a.	Schutztextilien gegen Schüsse, Feuer, gefährliche Chemikalien, extreme Kälte
Sporttech	Sport und Freizeit	Segeltücher, Ballongewebe, Paragleiter- und Fallschirmgewebe, Seile, Zelte, Schlafsäcke

Die Masse und der Anteil der Technischen Textilien, die in den oben dargestellten Branchen in den Jahren 1985 und 1995 eingesetzt wurden und nach einer Prognose im Jahr 2005 eingesetzt werden, sind in Tab. 5 dargestellt (Rigby 1997).

Tab. 5: Masse der weltweit in den Jahren 1985, 1995 und 2005 (Prognose) hergestellten Technischen Textilien, unterteilt nach Branchen (Rigby 1997)

Branche	Masse 1985 [1.000 t]	Anteil [%]	Masse 1995 [1.000 t]	Anteil [%]	Masse 2005 [1.000 t]	Anteil [%]	jährliches Wachstum [%] 85-95	jährliches Wachstum [%] 95-05
Mobiltech	1.408	23	1.918	21	2.483	18	3,1	2,6
Indutech	980	16	1.523	16	2.344	17	4,5	4,4
Homotech	854	14	1.439	15	2.259	17	5,3	4,6
Medtech	703	12	1.177	13	1.652	12	5,3	3,4
Buildtech	508	8	849	9	1.266	9	5,3	4,1
Agrotech	554	9	741	8	1.021	7	3,0	3,3
Clothtech	505	8	647	7	824	6	2,5	2,5
Packtech	278	5	423	5	658	5	4,3	4,5
Geotech	99	2	251	3	574	4	9,7	8,6
Sporttech	127	2	237	3	390	3	6,5	5,1
Oekotech	(88)	(1)	(167)	(2)	(305)	(2)	(6,6)	(6,2)
Protech	45	1	117	1	215	2	10,1	6,3
Summe	6.061	100	9.322	100	13.686	100	4,4	3,9

Ein Großteil der Technischen Textilien wird in den Branchen Mobiltech, Indutech und Homotech verwendet. Da sich die Branche Oekotech mit anderen Branchen überschneidet, wird sie bei der Berechnung der Summen nicht berücksichtigt. Die Branche mit dem größten prognostizierten Wachstum ist der Bereich Geotech.

Verarbeitende Industrie

Technische Textilien können nach den Industrie- und Gewerbebezügen unterteilt werden, in denen sie zu einem Teil des Endproduktes verarbeitet werden. Nach der vom Statistischen Bundesamt herausgegebenen Reihe „Material und Wareneingang im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe“ verarbeiten folgende Gewerbe- und Industriezweige Textilien, die sie in der Regel von der Textilindustrie beziehen (Pesch 1972):

- Autoindustrie, Luft- und Raumfahrt sowie Schiffsbau (Isoliermaterialien, Seile u.a.)
- Bekleidungs- und Textilindustrie (textile Futterstoffe, Bänder u.a.)
- Chemische Industrie (Filterstoffe, Filze, Seilereierzeugnisse u.a.)

- Elektrotechnik (Textilien in Kabeln, Heizkissen, Staubsaugern u.a.)
- Feinmechanik/Optik (Projektionswände u.a.)
- Verarbeitung von Gummi (Reifen, Treibriemen), Holz (Möbelstoff und Polstermaterial), Kunststoff (Textilien als Trägermaterial z.B. in Transportbändern), Leder (Textilien in Schuhen) und Metall (Korrosionsschutzgewebe)
- Lebensmittelindustrie (Säcke, Getränkefilter, Netze u.a.)
- Maschinenbau (Gurte, Filze, Dichtungen, Seile u.a.)
- Papiererzeugende und –verarbeitende Industrie (Papiermaschinenfilze u.a.)
- Druckerei, Industrie zur Herstellung von Spielwaren und Musikinstrumenten (Textilien in Stoffspielwaren u.a.)
- Stahl- und Leichtmetallbau, Schienenfahrzeugbau (Textilien in Dichtungsbändern, Schleifmitteln u.a.)
- Steine/Erden (Schutzbekleidung, Zündschnüre u.a.)
- Tabakverarbeitung (Zigarettenfilter u.a.)

Da die Erfassungsmethode des Statistischen Bundesamtes den Textileinsatz nicht in allen Textil- und Gewerbebranchen abfragt, fehlen einzelne Industriezweige (Bäckmann 1991). Auch die Bekleidungs- und Textilindustrie selbst gehört zu den Industriezweigen, die Technische Textilien zur Weiterverarbeitung einkaufen.

Private, öffentliche oder industrielle Anwendung

Technische Textilien lassen sich danach einteilen, ob sie im industriellen, öffentlichen oder privaten Bereich genutzt werden. Zu den Technischen Textilien, die im industriellen Bereich angewendet werden, zählen beispielsweise Förderbänder, Filter oder Schutzbekleidung. Im öffentlichen Anwendungsbereich finden sich Technische Textilien beispielsweise in Krankenhäusern, bei der Feuerwehr oder der Polizei. Zu den Technischen Textilien, die im privaten Bereich verwendet werden, zählen u.a. Zelte und Rucksäcke. Diese Einteilung lässt, ebenso wie die Einteilung nach dem Anwendungsbereich, keine Rückschlüsse auf die Produktgestalt zu. So werden beispielsweise Seile, Vliesstoffe, Bänder oder Netze sowohl in privaten und öffentlichen als auch in industriellen Anwendungen eingesetzt.

2.2.3 Eigenschaften

Funktion

Technische Textilien können nach ihrer Funktion eingeteilt werden. Sie besitzen eine oder mehrere der in Abb. 4 dargestellten Funktionen. Diese wurden auf der Grundlage von Arbeiten von Ehrler und Maute (1986) und dem Arbeitgeberkreis Gesamttextil (1998) sowie eigener Überlegungen zusammengestellt. Zur besseren Übersicht sind in der Abbildung in den einzelnen Spalten die Funktionen zusammengefasst, die sich ähneln. Da Technische Textilien in der Regel multifunktionale Produkte sind, existieren keine Prozentangaben für diese Unterteilung.

Abdeckung	Dekoration	Verfüllung	Formgebung	Transport	Schutz
Dichtung		Speicherung	Verstärkung	Verbindung	
Rückhaltung/ Trennung			Stützen/ Tragen	Übertragung/ Leitung	
Isolierung					

Abb. 4: Funktionen Technischer Textilien

Die oben angegebene Schutzfunktion kann sich mit einer oder mehrerer der anderen Funktionen überschneiden. So kann die Schutzfunktion der Textilien beispielsweise in deren isolierenden oder abdeckenden Funktion bestehen.

Qualitätsniveau

Technische Textilien lassen sich nach den qualitativen Anforderungen unterteilen, die von Herstellern, Anwendern oder auf Grund gesetzlicher Vorschriften an sie gestellt werden. Sie können unterteilt werden in Textilien, die

- höchsten Anforderungen oder
- weniger hohen bis geringen Anforderungen entsprechen müssen.

Insbesondere im Bereich der Sicherheitstextilien werden sehr hohe Anforderungen an die Qualität gestellt. Weitere Beispiele finden sich in der Medizin (Implantate) oder bei einzelnen Freizeittextilien (Gewebe für Paragleiter). Daneben existieren Einsatzbereiche wie Polsterung oder Verpackung, in denen an die Qualität der Technischen Textilien weniger hohe bis geringe Anforderungen gestellt werden.

Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer bezeichnet den Zeitraum der Nutzung eines Produktes (Hirschl et al. 1998). Der Begriff Nutzungsdauer wird in dieser Arbeit synonym mit dem Begriff der Lebensdauer verwendet. Die Lebensdauer beschreibt „den Zeitraum der physischen Existenz eines Produktes, welcher für Gebrauchsgüter in der Regel in Jahren angegeben wird“ (Hirschl et al. 1998, S. 21).

Technische Textilien können nach ihrer Nutzungsdauer unterschieden werden, die beispielsweise vom Verwendungszweck, der Qualität der Produkte und dem Pflegeverhalten der Nutzer abhängen kann. In Anlehnung an die Unterteilung der Nutzungsdauer von Kunststoffprodukten nach Brandrup (1995), kann die Nutzungsdauer Technischer Textilien unterteilt werden in eine kurze Nutzungsdauer von weniger als 2 Jahren, eine mittlere Nutzungsdauer von 2 bis 10 Jahren, eine lange Nutzungsdauer von 10 bis 20 Jahren und eine sehr lange Nutzungsdauer von mehr als 20 Jahren. Zu den Technischen Textilien mit einer sehr langen Nutzungsdauer sind zum Teil auch die Textilien zu rechnen, die nicht beseitigt werden müssen, weil sie für einen Einbau in die Erde oder in das Wasser bestimmt sind und mit ihrer Anwendung in diesen Bereichen gleichzeitig entsorgt werden. Es liegen keine quantitativen Angaben für eine Unterteilung der Technischen Textilien nach der Nutzungsdauer vor.

Im vorliegenden Kapitel wurde der Untersuchungsbereich zunächst in Abschnitt 2.1 mit Hilfe einer Definition eingegrenzt. Auch mit dieser Definition lassen sich nicht alle Textilien zielsicher in die Bereiche Technische Textilien und Bekleidungs-, Haus- und Heimtextilien einteilen, da es weiterhin Überschneidungen geben kann, die auf der Grundlage einer Definition nicht vermeidbar sind. Daneben wurden Kriterien für die Strukturierung des sehr vielfältigen Produktbereichs der Technischen Textilien genannt. Teilweise wurde der Produktbereich auf der Grundlage einzelner Kriterien quantifiziert. Anhand der Kriterien ist ersichtlich, wie heterogen die Gruppe der Technischen Textilien ist. Mit Ausnahme der Funktion werden alle hier genannten Kriterien zur Auswahl der Fallbeispiele verwendet (vgl. 4.2). Das Kriterium der Funktion wird nicht weiter berücksichtigt, da kein Zusammenhang zwischen der Funktion des Technischen Textils und der Abfallproblematik bzw. möglicher Strategien zur Abfallreduzierung erkennbar ist.

3 Stoffstrommanagement

Der Begriff Stoffstrommanagement, der seit Anfang der 90er Jahre in der umweltpolitischen Diskussion in Deutschland verwendet wird, bezeichnet eine Methodik zur Untersuchung und Steuerung von Stoffströmen. In der vorliegenden Arbeit wurde der Lebensweg ausgewählter Technischer Textilien mit der Methodik des Stoffstrommanagements auf Schwachstellen aus der Abfallperspektive untersucht. Daneben wurde ermittelt, welche Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg dieser Fallbeispiele bislang realisiert werden. Der Untersuchung wurden sechs Strategien zur Abfallreduzierung zu Grunde gelegt, die - ausgehend von den textilen Abfällen - darauf abzielen, Stoffflüsse im Lebensweg zu steuern und zu reduzieren oder zu verändern. Die betrachteten Strategien stellen Ansätze eines Stoffstrommanagements dar, da sie in der Regel nur in Kooperation verschiedener Akteure in der Wertschöpfungskette umgesetzt werden können.

Das folgende Kapitel führt in das Stoffstrommanagement ein. Die einzelnen Schritte des Stoffstrommanagements werden beschrieben, die Managementregeln für einen ökologischen Umgang mit Stoffen aufgeführt und der Stand des Konzeptes sowie die Lücken, die es in der Umsetzung zur Zeit besitzt, dargestellt. Im Anschluss werden Ansätze des Stoffstrommanagements in Form von sechs Strategien zur Abfallreduzierung beschrieben, auf deren Umsetzung hin die Fallbeispiele in Kapitel fünf untersucht werden.

3.1 Einführung

Das Konzept Stoffstrommanagement wurde von der im Februar 1992 vom Deutschen Bundestag eingerichteten Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ erarbeitet. „Unter dem Management von Stoffströmen der beteiligten Akteure wird das zielorientierte, verantwortliche, ganzheitliche und effiziente Beeinflussen von Stoffsystemen verstanden, wobei die Zielvorgaben aus dem ökologischen und dem ökonomischen Bereich kommen, unter Berücksichtigung von sozialen Aspekten“ (Enquete-Kommission 1994, S. 549-550). Stoffsysteme können beispielsweise durch ein Produkt, das mehrere Stoffströme bündelt, oder einen besonders herausragenden Stoff charakterisiert werden (Zundel et al. 1998).

Das Konzept des Stoffstrommanagements ist insbesondere deshalb attraktiv, weil es den Stoffstrom, also den Weg eines Stoffes von seiner Gewinnung als Rohstoff über die verschiedenen Stufen der Verarbeitung zum Endprodukt, den Gebrauch/Verbrauch des Produktes bis zur Entsorgung in den Blick nimmt (Zundel et al. 1998). Somit können durch das Konzept des Stoffstrommanagements im Idealfall – bei Berücksichtigung des gesamten Stoffstroms - mögliche Verlagerungseffekte zwischen den Umweltmedien und den Lebenswegphasen sichtbar gemacht und so die Umweltbelastungen insgesamt reduziert werden (Fritz, Henseling 2000).

Daneben macht das Konzept Stoffstrommanagement die Bedeutung der Akteure beispielsweise im Lebensweg von Produkten sichtbar und verdeutlicht damit, dass die anthropogen erzeugten Stoffströme – zumindest zunächst – nicht von alleine fließen.

Das Stoffstrommanagement ist ein kooperatives Konzept, da die wesentliche Verantwortung für die Planung und Umsetzung in der Hand der direkten Akteure im Lebensweg, das sind die Akteure, die direkt mit dem Stoffstrom in Kontakt kommen, liegt. Es kann dementsprechend verstanden werden als eine Anleitung zur Selbstorganisation der in der Produktlinie miteinander verbundenen direkten Akteure (Fritz, Henseling 2000). Die staatlichen Stellen (indirekte Akteure) sollen die Aufgabe übernehmen, Rahmenbedingungen für ein Stoffstrommanagement zu setzen, die die direkten Akteure dazu veranlassen, Stoffströme entsprechend zu steuern.

Das Leitbild des Stoffstrommanagements ist die nachhaltige Entwicklung (Enquete-Kommission 1994). Eine nachhaltige Entwicklung schließt ökologische, ökonomische, soziale und kulturelle Ziele ein. Die ökologischen Ziele des Stoffstrommanagements lassen sich in Form von Regeln für das Management von Stoffströmen darstellen, die von der Enquete-Kommission (1994) erarbeitet wurden. Diese Regeln stellen Grundsätze für das Handeln der Akteure dar, das am oben genannten Leitbild orientiert ist. Sie besagen:

- „Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll deren Regenerationsrate nicht überschreiten.
- Stoffeinträge in die Umwelt müssen sich an der Belastbarkeit der als Senken dienenden Umweltmedien, also etwa der Böden, Sedimente, Ozeane oder der Atmosphäre, in allen ihren Funktionen orientieren.
- Nicht erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen geschaffen wird.
- Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muss in einem ausgewogenen Verhältnis zu der Zeit stehen, die die Umwelt zur Reaktion benötigt.
- Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden“ (Friege 1999, S. 32).

3.2 Schritte des Stoffstrommanagements

Die Methodik des Stoffstrommanagements kann in die Teilschritte Zielfestlegung, Stoffstromanalyse, Stoffstrombewertung, Entwicklung von Strategien sowie Durchführung und Kontrolle unterteilt werden. Insgesamt ist das Stoffstrommanagement ein praxisorientierter und iterativer Prozess, in dem auch die Ziele schrittweise konkretisiert werden (Enquete-Kommission 1994).

Zielfestlegung: Zunächst werden die Ziele festgelegt, die mit Hilfe des Stoffstrommanagements erreicht werden sollen. Diese können trotz weitgehendem Leitbild (s.o.) sehr unterschiedlich sein (Zundel et al. 1998). Sie reichen von Entsorgungsabsprachen über die Festlegung ökologischer Qualitätsstandards durch stoff- und produktbezogene Anforderungsprofile bis hin zu Produkt- und Stoffinnovationen. In Abhängigkeit von der Reichweite der Ziele werden die bestehenden Akteursketten und Stoffströme unterschiedlich stark verändert. So führen Entsorgungsabsprachen zwischen Akteuren in der Regel zu keiner Veränderung der Akteurskette oder der Stoffströme. Weitreichendere Ziele wie ökologische Produktinnovationen werden dagegen in der Regel sowohl die Akteurskette als auch die Stoffströme verändern.

Im Rahmen der Zielfestlegung wird auch definiert, für welches räumliche System das Stoffstrommanagement umgesetzt werden soll. Dieses System kann abgegrenzt werden durch ein geografisches Gebiet, eine Produktlinie, ein Bedürfnisfeld oder einen Anwendungsbereich und setzt sich in der Regel aus verschiedenen Produktions- und Entsorgungsstätten sowie den Orten der Nutzung zusammen. Für das räumliche System, das Bilanzsystem, werden im folgenden Schritt, der Stoffstromanalyse, die Stoffströme bilanziert.

Stoffstromanalyse: Die Stoffstromanalyse besteht aus den Teilen Stoffanalyse, Strukturanalyse und Quantifizierung der untersuchten Stoffe.

Zunächst werden in der Stoffanalyse die für die Zielstellung relevanten Stoffströme ermittelt und beschrieben. Der Begriff „Stoff“ bezeichnet, je nach Zielstellung des Stoffstrommanagements, einzelne chemische Elemente, chemische Verbindungen, Güter oder Energie. Somit findet bei der Stoffanalyse mit der Auswahl der zu untersuchenden Stoffe bereits eine Bewertung vor der eigentlichen Analyse statt (Hofmeister 1998). Wurde ein geografisches Gebiet, beispielsweise die Region, als Bilanzsystem gewählt, so werden in der Regel ausgewählte Stoffströme erfasst, die in dieser Region auftreten. Für das Bilanzsystem Produktlinie werden die Stoffströme analysiert, die mit einem Produkt entlang des gesamten Lebensweges verbunden sind (De Man et al. 1997). Stellt das Bedürfnisfeld das System für das Stoffstrommanagement dar, so werden die Stoffströme in einem Bedürfnisfeld analysiert, beispielsweise in dem Bedürfnisfeld Mobilität, Bauen und Wohnen, Landwirtschaft und Ernährung, Unterhaltung und Medien oder Textilien. Der bedürfnisfeldbezogene Ansatz ist sinnvoll, da die Ressourceninanspruchnahme für die einzelnen Bedürfnisfelder in der Regel charakteristisch ist (Fritz, Henseling 2000). „Die bedürfnisfeldorientierte Stoffstromanalyse soll den am Stoffstrommanagement beteiligten Akteuren Informationen über die durch ein Bedürfnisfeld insgesamt verursachte Umweltinanspruchnahme geben“ (Henseling 1999, S. 55). Wird das Anwendungsfeld als Bilanzsystem gewählt, dann werden die Stoffströme analysiert, die in bestimmten Sektoren oder Branchen auftreten.

Anschließend wird in einer Strukturanalyse untersucht, in welchen Prozessen und von welchen Akteuren diese Stoffe in dem gewählten Bilanzsystem umgesetzt werden. Dabei werden auch die Beziehungen zwischen den Akteuren in der Akteurskette, beispielsweise ihre wirtschaftlichen und informellen Verbindungen und Barrieren und bestehende Kooperationsformen, analysiert (De Man 1997). In der folgenden Quantifizierung wird mit Hilfe von Bilanzen ermittelt, in welchen Mengen die untersuchten Stoffe in dem gewählten Bilanzsystem umgesetzt, aus der Umwelt entnommen und in die Umwelt eingetragen werden.

Stoffstrombewertung: Im Anschluss an die Analyse werden je nach Zielstellung die mit den Stoffströmen verbundenen ökonomischen, ökologischen, sozialen und kulturellen Wirkungen bewertet.

Entwicklung von Strategien: Auf der Grundlage der Bewertung der analysierten Stoffströme wird untersucht, welche Maßnahmen geeignet sind, die Stoffströme entsprechend der vorgegebenen Ziele zu beeinflussen. Entscheidungen über die durchzuführenden Maßnahmen beruhen auf der Abschätzung ihrer ökologischen, ökonomischen, sozialen und kulturellen Wirkungen.

Diese sollten auf Grund der vielfältigen Zusammenhänge und Wechselwirkungen in realen Stoffsystemen nicht unabhängig voneinander betrachtet werden.

Durchführung und Kontrolle: Im Anschluss an die Entwicklung der Strategien folgt deren praktische Umsetzung. Gleichzeitig werden Maßnahmen ergriffen, mit denen kontrolliert werden kann, ob durch die Umsetzung der Strategien auch die angestrebten Wirkungen erzielt werden.

3.3 Stand des Konzepts

Die Enquete-Kommission hat die ersten Arbeiten zur Schaffung einer Grundlage für das Stoffstrommanagement mit dem Ziel in Auftrag gegeben, die Anwendbarkeit der methodischen Ansätze in konkreten Anwendungsfeldern zu überprüfen. Daneben sollten aus den Anwendungsbeispielen und den hier gewonnenen Erkenntnissen über konkrete Stoffströme und deren ökologische, ökonomische und soziale Implikationen verallgemeinerbare Schlüsse für einen verantwortungsvollen Umgang mit Stoffströmen und Hinweise für die theoretischen Konzeptionen des Stoffstrommanagements gezogen werden (Enquete-Kommission 1994).

So hat die Enquete-Kommission für die Bedürfnisfelder (Bekleidungs-)Textilien sowie Mobilität ausführliche Stoffstromanalysen erstellen lassen und in Gesprächen mit den wichtigsten Akteuren Vorschläge für ein Stoffstrommanagement erarbeitet. Insbesondere die Initiative der Enquete-Kommission im Bedürfnisfeld Textilien war Anlass für verschiedene Aktivitäten des Stoffstrommanagements im Bereich Bekleidungstextilien (Fritz, Henseling 2000). Die Enquete-Kommission hat auch für den Sektor der Chlorchemie Arbeiten in Auftrag gegeben. Daneben wurden die Stoffströme von Cadmium, dem Fluorkohlenwasserstoff R134a und Benzol auf ihren Auftrag hin untersucht. Parallel dazu wurden an der Technischen Universität Wien beispielhaft die geogenen und anthropogenen Stoffimporte und –exporte von drei europäischen Regionen abgeschätzt und miteinander in Beziehung gesetzt, mit dem Ziel, sie zu steuern und langfristig eine umweltverträgliche und optimale Nutzung der Ressourcen zu gewährleisten (vgl. Brunner 1992).

Seit den Arbeiten der Enquete-Kommission und denen der Technischen Universität Wien (Brunner 1992) sind verschiedene Projekte durchgeführt worden, die dem Stoffstrommanagement zugeordnet werden können. Diese Projekte können als „bunter Blumenstrauß“ bezeichnet werden, da sie sich „stark hinsichtlich der verfolgten Ziele, der beteiligten Akteure und der eingesetzten Mittel“ unterscheiden (Zundel et al. 1998, S. 328). Die Projekte zielen zum einen darauf ab, das Konzept Stoffstrommanagement theoretisch weiterzuentwickeln, zum anderen geht es darum, das Konzept umzusetzen. Im folgenden werden zwei Beispiele für praktische Projekte dargestellt. Eines bezieht sich auf das Bilanzsystem Produktlinie, das andere auf das speziell zur Zeit stärker untersuchte Bilanzsystem Region.

Ein Beispiel für ein erfolgreich durchgeführtes Stoffstrommanagementprojekt im Bilanzsystem Produktlinie ist das 1994 vom Textilunternehmen Rohner Textil AG, dem Designer McDonough (Designtex) und dem Umweltinstitut EPEA begonnene Projekt, dessen Ziel es war, einen kompostierbaren Möbelbezugsstoff – „Climatex Lifecycle“ – zu entwickeln und herzustellen (Braungart, McDonough 1999).

Insgesamt sind etwa 12 Unternehmen am Managementsystem beteiligt, die sich dazu verpflichtet haben, nur solche Stoffe zu verwenden, die vom Umweltinstitut EPEA – dem zentralen Stoffstrommanager in dem Netzwerk - als für Mensch und Umwelt unbedenklich eingestuft wurden. Die von den Unternehmen eingesetzten Stoffe werden von dem Institut EPEA überprüft, das sich zur Geheimhaltung der Informationen der Unternehmen, wie der Struktur von Farbstoffen oder der Zusammensetzung von Chemikalienmischungen, verpflichtet. Da diese Informationen somit nicht dem gesamten Netzwerk, sondern nur diesem zentralen Stoffstrommanager bekannt sind, ist die Kooperation nicht starr in Bezug auf ihre Akteure. Einzelne Unternehmen können aussteigen, ohne wichtige Daten an andere Produktionsunternehmen weitergegeben zu haben.

Das BMBF hat 1998 mit der Förderinitiative „Modellprojekte für nachhaltiges Wirtschaften“ explizit Projekte zum regionalen Stoffstrommanagement aufgenommen. Regionales Stoffstrommanagement verfolgt das Ziel einer kreislauforientierten regionalen Bedarfsdeckung und damit einer Reduzierung und Lenkung der regionalen Stoffströme (Thraen et al. 1999). In der Förderinitiative dominieren Projekte mit einer begrenzten Reichweite, die darauf abzielen, Abfälle eines Betriebes für den anderen verfügbar zu machen. Zu ihnen gehört beispielsweise das Projekt „Aufbau eines nachhaltigkeitsorientierten Stoffstrommanagements in der Industrieregion Rhein-Neckar“, das darauf abzielt, die Abfall- und Sekundärrohstoffströme im Wirtschaftsraum Rhein-Neckar transparent zu machen und die jeweiligen Produzenten miteinander in Verbindung zu setzen, um so industrielle Abfälle eines Produzenten als Rohstoff in einem anderen Produktionsbetrieb einsetzen zu können.

Das relativ junge Konzept Stoffstrommanagement weist noch verschiedene Lücken auf, von denen einige im Folgenden erläutert werden:

- Das Konzept Stoffstrommanagement ist insbesondere in der wissenschaftlichen Diskussion und Forschung, sehr viel weniger dagegen in der realen Umsetzung verbreitet. Hier findet es sich bislang nur in Nischen. Besonders große Lücken klaffen in der Umsetzung von Stoffstrommanagementprojekten, die weitreichende ökologische Ziele verfolgen.
- Einer der Gründe für die nur schleppende praktische Umsetzung des Konzeptes Stoffstrommanagement liegt in den fehlenden Rahmenbedingungen, die die Umsetzung für die beteiligten Unternehmen auf breiter Basis ökonomisch sinnvoll werden lassen. Bislang sind wesentliche Auslöser für das Stoffstrommanagement Reaktionen auf Einflüsse der Märkte, die einzelne Unternehmen zum Anlass nehmen, in Kooperationen innovative Lösungen in den Markt einzuführen. Daneben kommen einzelne Projekte auf Grund des Drucks gesellschaftlicher Anspruchsgruppen oder der drohenden staatlichen Regulierung zu Stande (Zundel et al. 1998). Zur Zeit wird daher insbesondere darüber diskutiert, unter welchen objektiven Voraussetzungen bzw. Rahmenbedingungen das Stoffstrommanagement in einem weit größeren Rahmen erfolgreich sein kann.
- In der Diskussion und der praktischen Umsetzung des Konzepts Stoffstrommanagement liegt der Fokus auf Kooperationen zwischen wirtschaftlichen Akteuren in der Produktionsphase. Mögliche Kooperationen der Produzenten mit privaten Nutzern werden dagegen kaum diskutiert oder umgesetzt. Letztere werden „vorwiegend auf eine reagierende Rolle festgeschrieben“ (Weller 1999, S. 145).

Eine Berücksichtigung der Erfahrungen und des Wissens der Nutzer aus dem Gebrauch der Produkte kann im Rahmen des Stoffstrommanagements zu weiteren Umweltentlastungen in der Produktlinie führen, indem beispielsweise in Kooperation zwischen Herstellern und Nutzern untersucht wird, woran bislang die langfristige Nutzung des Textilartikels scheitert (vgl. Weller 1999).

- Die fehlende Berücksichtigung der privaten Nutzer gilt nicht nur für das Kommunikationsgeschehen im Stoffstrommanagement, sondern lässt sich auch bei der Stoffstromanalyse, einem Teilschritt des Stoffstrommanagements, nachweisen (Weller et al. 2001). So basieren einige Analysen der Stoff- und Energieströme im Lebensweg von Produkten, die der privaten Nutzung einen hohen Anteil der Umweltbelastung zuordnen, auf Annahmen zum Nutzerverhalten, die zum Teil nicht belegt sind und in der Regel die Unterschiede im Nutzerverhalten nicht ausreichend berücksichtigen (vgl. Weller 1999).
- Daneben werden in den umgesetzten Konzepten bislang insbesondere ökologische und ökonomische Ziele verfolgt. Soziale und kulturelle Zielsetzungen finden sich dagegen kaum. Auch die vorliegende Arbeit beinhaltet allein ökologische Ziele. Eine nachhaltige Entwicklung, das Leitbild des Stoffstrommanagements, kann aber nur dann realisiert werden, wenn auch soziale und kulturelle Ziele berücksichtigt werden.

3.4 Strategien zur Abfallreduzierung

Im Folgenden werden Strategien zur Abfallreduzierung genannt und erläutert. Sie stellen Ansätze des Stoffstrommanagements dar, da sie auf eine Steuerung und Reduzierung der Stoffströme abzielen und in der Regel nur in Kooperation verschiedener Akteure im Lebensweg realisiert werden können. Für die Fallbeispiele wird untersucht, welche Strategien zur Reduzierung von Abfällen in den Produktlinien bereits umgesetzt werden und welche Strategien umgesetzt werden könnten. Ausschließlich outputorientierte Strategien, die auf die möglichst schadlose Beseitigung des Abfalls abzielen sowie die Strategie des Produktverzichts, die auch zu einer Abfallreduzierung führt, werden hier nicht berücksichtigt. Der Untersuchung der Fallbeispiele wird ein Katalog von sechs Strategien zur Abfallreduzierung zu Grunde gelegt, die auf der Grundlage eigener Überlegungen und der Auswertung der Literatur (vgl. Bierter 2000, Bras 1997, VDI 1993) zusammengestellt wurden:

- Verlängerung der Lebensdauer
- Kreislaufführung
- Minimierung der Masse
- Minimierung problematischer Materialien
- Biologische Abbaubarkeit
- Neue Nutzungsformen

Die Strategien der Minimierung der Masse, der Minimierung problematischer Materialien und biologischen Abbaubarkeit sind inputorientiert.

Ihr Ziel ist es, den Input problematischer Stoffströme zu begrenzen, die Masse des Inputs zu verringern oder den Input so zu gestalten, dass Abfälle biologisch abgebaut werden können. Auch die Strategie der Kreislaufführung ist im Idealfall inputorientiert, wenn sie darauf abzielt, dass nur solche Stoffe eingesetzt werden, die es erlauben, entstehende Abfälle in hochwertigen technischen Kreisläufen zu führen und sie somit als produktive Ausgangsbasis künftiger Prozesse zu verwenden (Hofmeister 1998). In der Praxis wird der Idealfall jedoch selten angestrebt. In der zur Zeit praktizierten Umsetzung setzt diese Strategie in der Regel am Ende der Stoffumwandlungskette an, indem auf der Grundlage des anfallenden Abfalls das Recyclingverfahren festgelegt wird.

Verlängerung der Lebensdauer

Die Strategie der Verlängerung der Lebensdauer kann sowohl die Herstellung eines potenziell langlebigen Produkts als auch das Angebot von lebensdauer verlängernden Dienstleistungen oder Serviceangeboten für die Gebrauchsphase, wie die Reparatur oder die Aufrüstung, beinhalten. Durch eine verlängerte Lebensdauer werden weniger Produkte hergestellt, was den Stoffeinsatz insbesondere in der Herstellungsphase und damit auch den Abfallanfall reduzieren kann. Ob durch die längere Lebensdauer tatsächlich Stoffflüsse bzw. Abfälle im gesamten Lebensweg reduziert werden können, hängt insbesondere davon ab, wie sich der Input in der Phase der Herstellung und des Gebrauchs auf Grund der längeren Lebensdauer verändert.

Kreislaufführung

Bei den Strategien der Kreislaufführung werden Abfälle erneut in unterschiedlichen Veredelungsstufen eingesetzt, in denen sie Primärstoffe substituieren. Die Strategie der Kreislaufführung umfasst die Wieder- und Weiterverwendung und die Wieder- und Weiterverwertung von Produkten und Teilen von Produkten, die auch unter dem Begriff Recycling zusammengefasst werden. Die einzelnen oben genannten Arten der Kreislaufführung von Stoffen werden im Folgenden definiert:

„**Wiederverwendung** ist die erneute Benutzung eines gebrauchten Produkts (Altteils) für den gleichen Verwendungszweck wie zuvor unter Nutzung seiner Gestalt ohne beziehungsweise mit beschränkter Veränderung einiger Teile (VDI 1993)“.

„**Weiterverwendung** ist die erneute Benutzung eines gebrauchten Produkts (oder von Produktbestandteilen) für einen anderen Verwendungszweck (...). Sie kann unter Nutzung der Gestalt ohne beziehungsweise mit beschränkter Veränderung des Produkts erfolgen. (VDI 1993)“.

„**Wiederverwertung** ist der wiederholte Einsatz von Altstoffen und Produktionsabfällen beziehungsweise Hilfs- und Betriebsstoffen in einem gleichartigen wie dem bereits durchlaufenen Produktionsprozess (...). Durch Wiederverwertung entstehen aus den Ausgangsstoffen weitgehend gleichwertige Werkstoffe (VDI 1993)“.

„**Weiterverwertung** ist der Einsatz von Altstoffen und Produktionsabfällen beziehungsweise Hilfs- und Betriebsstoffen in einem von diesen noch nicht durchlaufenen Produktionsprozess.“

Durch Weiterverwertung entstehen Werkstoffe oder Produkte mit anderen Eigenschaften (Sekundärwerkstoffe) und/oder anderer Gestalt (VDI 1993)“.

Durch einzelne Maßnahmen der Kreislaufführung kann der Einsatz primärer Rohstoffe unterschiedlich stark reduziert werden. Grundsätzlich ist das Recycling von Werkstoffen „fast immer technisch lösbar, jedoch bei den heutzutage typischen Produktzusammensetzungen in der Regel weder ökonomisch noch ökologisch“ sinnvoll (Bujanowski et al. 1998, S. 26). Eine hochwertige Kreislaufführung ist in der Regel erst dann möglich und ökologisch sinnvoll, wenn bereits bei der Entwicklung der Produkte die Anforderungen der Nachgebrauchsphase berücksichtigt werden.

Minimierung der Masse

Die Strategie „Minimierung der Masse“ umfasst alle Ansätze zur Reduzierung der Masse der im Lebensweg des Produktes verwendeten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe. In der vorliegenden Arbeit werden jedoch nur die Strategien berücksichtigt, die auf die Reduzierung der Produktmasse abzielen. Durch die Strategie kann die Abfallmasse gesenkt und die Ressourcenproduktivität erhöht werden, da im Lebensweg des Produktes weniger Ressourcen eingesetzt werden.

Minimierung problematischer Materialien

Bei der Strategie der Minimierung problematischer Materialien besteht die Abfallreduzierung darin, dass die Gefährlichkeit der Abfälle reduziert wird, indem problematische Inhaltsstoffe vermieden oder substituiert werden. Mit problematischen beziehungsweise gefährlichen Inhaltsstoffen werden human- oder ökotoxikologische Stoffe bezeichnet, insbesondere solche, die persistent, bioakkumulierend oder toxisch sind.

Biologische Abbaubarkeit

Die Strategie der biologischen Abbaubarkeit sieht vor, dass der Input im Lebensweg des Produktes so gestaltet wird, dass das Produkt in der Nachgebrauchsphase durch Vergärung oder Kompostierung vollständig biologisch abgebaut werden kann. Neben den Fasern müssen folglich auch die Hilfsstoffe biologisch abbaubar sein. Ein Werkstoff wird als biologisch abbaubar bezeichnet, wenn alle Bestandteile vollständig kompostierbar sind (Klein et al. 1997) und der Kompost beispielsweise in der Landwirtschaft verwendet werden kann. Die Abfallreduzierung dieser Strategie besteht darin, die anfallenden Abfälle in den natürlichen Stoffhaushalt in Form von Biogas oder Kompost wieder einzugliedern. Die Strategie bezieht sich nicht allein auf die Verwendung nachwachsender Rohstoffe wie Naturfasern oder Fasern aus biologisch abbaubaren Werkstoffen auf der Basis von Fettsäuren, Stärke oder Cellulose. Auch einzelne petrochemische Rohstoffe können in Abhängigkeit ihres Molekülaufbaus die Eigenschaft besitzen, biologisch abbaubar zu sein (Klein et al. 1997). Bei ihrer Verwendung wird jedoch der Managementregel, den Einsatz nicht erneuerbarer Ressourcen zu begrenzen, widersprochen.

Neue Nutzungsformen

Unter neuen Nutzungsformen werden die Strategien zur Abfallreduzierung verstanden, die zu einer intensiveren Nutzung von Produkten führen und damit die Gesamtzahl der Produkte reduzieren, beispielsweise durch das Vermieten, Leihen, Teilen oder Tauschen von Produkten (Hoffmann, Pansegrau 1997). Die Strategie „neue Nutzungsformen“ rückt nicht den Produktbesitz, sondern die Nutzung des Produktes in den Vordergrund. Sie führt nur dann zu einer Reduzierung von Abfällen, wenn die auf Grund der kleineren Produktionsmenge verringerten Stoffströme in der Herstellungsphase nicht durch eine Zunahme der Stoffströme insbesondere in der Gebrauchsphase kompensiert werden.

Die Strategien „neue Nutzungsformen“ und „Verlängerung der Lebensdauer“ können sich einander bedingen, da die Servicewirtschaft im Vergleich zur Fertigungswirtschaft ein „großes Interesse daran hat, dauerhafte, zuverlässige Güter zu gestalten, weil das lange Nutzen, inklusive Wartung und Reparatur, und nicht das schnelle Wegwerfen Profit bringt“ (vgl. Tischner 1998, S. 21). Beide Strategien gehen im Wesentlichen auf Arbeiten von Stahel und dem Institut für Produktdauerforschung zurück (vgl. Giarini, Stahel 1993). Sie basieren auf der Gleichung: „Stoffstrom pro Nutzer = Produktmasse / (Nutzungsdauer des Produktes x Anzahl der Nutzer)“. Der Stoffstrom pro Nutzer kann bei gleichbleibender Masse des Produktes reduziert werden, indem die Nutzungsdauer des Produktes verlängert (längere Nutzung) oder die Anzahl der Nutzer vergrößert (intensivere Nutzung) wird.

Zuordnung der Strategien zur Abfallreduzierung zu verschiedenen Systematiken

Um die Beschreibung der oben dargestellten Strategien zur Abfallreduzierung zu vertiefen, werden sie der Systematik des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG), das in Strategien zur Abfallvermeidung und –verminderung unterteilt und der Systematik von Huber (1995), die eine Einteilung in Strategien der Effizienz, Suffizienz und Konsistenz vorsieht, zugeordnet.

Nach dem KrW-/AbfG (1994) können Strategien zur Abfallreduzierung unterteilt werden in Strategien zur Abfallvermeidung und Strategien zur Abfallverminderung. Zu den Strategien zur Abfallvermeidung zählen alle Maßnahmen, die vor Entstehen des Abfalls greifen (Enquete-Kommission 1994) und zur Verminderung der Menge und der Schädlichkeit von Abfällen führen. Zu den Strategien zur Abfallverminderung zählt die stoffliche Verwertung von Abfällen. Sie beinhaltet die Substitution von Rohstoffen durch die Gewinnung von sekundären Rohstoffen (rohstoffliche Verwertung) und die Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle (werkstoffliche Verwertung) für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke. Daneben ordnet das KrW-/AbfG den Strategien zur Abfallverminderung auch die energetische Verwertung von Abfällen zu, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht als Strategie zur Abfallreduzierung im eigentlichen Sinne gewertet wird.

In Anlehnung an Huber (1995) können Handlungsempfehlungen zu einer nachhaltigen Entwicklung und damit auch Strategien zur Abfallreduzierung in die Strategien Effizienz, Konsistenz und Suffizienz unterteilt werden. Die Effizienz bezeichnet eine (Produktions-)Leistung mit geringstmöglichem Einsatz an Material und Energie.

Die Suffizienz wird umschrieben als Genügsamkeit, Bescheidenheit und materieller Verzicht, die durch moralische und ökonomische Signale hervorgerufen werden kann.

Die Konsistenz bezeichnet die Änderung vorhandener Stoffströme, beispielsweise durch die Substitution ökologisch problematischer Stoffströme oder Innovationen bei den Stoffqualitäten, mit dem Ziel, anthropogene Produktions- und Konsumtionsprozesse den natürlichen Prozessen in ihren Organisations- und Wirkungsprinzipien wieder anzugleichen. Strategien zur Konsistenz zielen auf die Veränderung der Beschaffenheit von Stoffen und berücksichtigen dabei nur am Rande die Stoffmenge.

Die Strategien Effizienz und Suffizienz werden in verschiedenen Darstellungen (vgl. Tischner 1998) spezifischen Akteursgruppen zugeordnet. Die Effizienz wird mit der Erwähnung der Produktionsleistung Herstellern zugeschrieben, während die Suffizienz mit ihren Elementen Verzicht und Genügsamkeit den Nutzern zugeordnet wird. Entgegen dieser Festlegung müssen die beiden Strategietypen nicht auf diese Akteursbereiche festgelegt werden. So können auch in der Produktion Strategien der Suffizienz umgesetzt werden, indem beispielsweise darauf verzichtet wird, Produkte in verschiedenen Farben anzubieten, was zu einer Abnahme an Abfällen führen kann. Daneben können auch Nutzer Strategien der Effizienz umsetzen, indem sie ein beschädigtes Produkt nicht entsorgen, sondern reparieren lassen (vgl. Hoffmann, Weiland 1999).

Die Strategie der Effizienz wird zur Zeit in der Umweltdebatte häufig erwähnt. Wichtig ist jedoch, dass es nicht ausreicht, nur die Ressourcenproduktivität zu erhöhen, sondern dass es darum gehen muss, „die absolute Umweltinanspruchnahme in den Grenzen der Belastbarkeit der Natur als Quelle und als Senke zu halten“ (Henseling 1999, S. 54). In Tab. 6 werden die für die Untersuchung der Fallbeispiele verwendeten Strategien zur Abfallreduzierung den oben genannten Systematisierungen zugeordnet.

Zwei der sechs Strategien, die „Kreislaufführung“ und die „Biologische Abbaubarkeit“, zählen nach der Einteilung des KrW-/AbfG zu den Strategien zur Verwertung der Abfälle, alle anderen Strategien können den Vermeidungsstrategien zugeordnet werden. Die Zuordnung der Strategien zu den Kategorien Effizienz, Suffizienz und Konsistenz ist nur zum Teil möglich. Die Verwendung biologisch abbaubarer Stoffe ist eine Konsistenzstrategie. Die Minimierung problematischer Materialien kann nur dann als Konsistenzstrategie bezeichnet werden, wenn auf diese Materialien ganz verzichtet bzw. sie vermieden werden. Die Strategie der Kreislaufführung zählt zu den Effizienzstrategien, die Strategien „Verlängerung der Lebensdauer“, „Minimierung der Masse“ und „neue Nutzungsformen“ können sowohl Effizienz- als auch Suffizienzstrategien sein. Sie lassen sich nur im Einzelfall abgrenzen.

Tab. 6: Zuordnung der Strategien zur Abfallreduzierung zur Systematik des KrW-/AbfG und der Systematik von Huber

Strategie	Einteilung nach dem KrW-/AbfG (1994)	Einteilung nach Huber (1995)
Verlängerung der Lebensdauer	Vermeidung	Effizienz/Suffizienz
Kreislaufführung	Verwertung	Effizienz
Minimierung der Masse	Vermeidung	Effizienz/Suffizienz
Minimierung problematischer Materialien	Vermeidung	-
Biologische Abbaubarkeit	Verwertung	Konsistenz
Neue Nutzungsformen	Vermeidung	Effizienz/Suffizienz

Reichweite der Strategien zur Abfallreduzierung

Die Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg von Produkten können nach ihrer Reichweite dahingehend unterteilt werden, ob sie sich auf einzelne Phasen des Produktlebensweges beziehen oder ob sie die ökologischen Belastungen im gesamten Lebensweg berücksichtigen (Bras 1997). Die Gefahr insbesondere der Strategien, die sich nur auf einzelne Phasen im Lebensweg beziehen, liegt darin, dass die positiven Auswirkungen in dieser Phase möglicherweise durch negative Auswirkungen in anderen Phasen kompensiert oder noch übertroffen werden (Bras 1997).

Die Strategien zur Abfallreduzierung, die sich in verringerten Stoffströmen im gesamten Lebensweg äußern und in der Regel zu grundlegenden Veränderungen in Produkten oder der Produktnutzung führen, werden nach Looß und Katz (1998) als Strategien zur absoluten Abfallreduzierung bezeichnet. Dagegen werden die Strategien, die lediglich auf die Reduzierung spezifischer Abfallmengen oder Schadstoffe im Lebensweg des Produktes abzielen, und deren abfallreduzierende Wirkung in diesen Phasen durch andere Umsätze und Abfallströme kompensiert werden kann, unter dem Begriff der Strategien zur spezifischen Abfallreduzierung zusammengefasst.

Die ausgewählten sechs Strategien zur Abfallreduzierung lassen sich per se weder danach einteilen, ob sie zu einer absoluten oder spezifischen Abfallvermeidung führen, noch danach, wie groß ihre Reichweite ist. Erst in der praktischen Umsetzung der Strategien und der mit dieser Umsetzung verfolgten Zielsetzung, zeigt sich, ob es sich um Strategien der absoluten oder spezifischen Abfallvermeidung handelt und welche Reichweite sie besitzen. So zählen beispielsweise zu den Strategien der Kreislaufführung sowohl die Verwendung von Sekundärrohstoffen, die sich nur auf die Herstellungsphase bezieht und somit eine kleine Reichweite besitzt, als auch die hochwertige Wiederverwertung eines Produktes, die nur dann erzielt werden kann, wenn entsprechende Vorgaben in den Phasen Herstellung, Gebrauch und Nachgebrauch eingehalten werden.

4 Untersuchungsdesign und Methodik

Im folgenden Kapitel wird das Untersuchungsdesign der vorliegenden Arbeit und die Methodik der Auswahl der Fallbeispiele, der Befragung und der Auswertung der Informationen dargestellt.

4.1 Untersuchungsdesign Stoffstrommanagement

Die vorliegende Arbeit basiert auf der Untersuchung von drei ausgewählten Technischen Textilartikeln nach der Methodik des Stoffstrommanagements. Als Bilanzsystem für das Stoffstrommanagement wird die Produktlinie gewählt.

Die Untersuchung des Lebensweges der Fallbeispiele, nach Möglichkeit von der Wiege bis zur Bahre, beschränkt sich auf textile Abfälle, um die Komplexität zu reduzieren und eine ausreichende Detailltreue zu sichern. „Der Mut zur Lücke einerseits und die exemplarische Detailliertheit andererseits ermöglichen es erst, komplexe Themenfelder einer Stoffstrombetrachtung zu unterziehen“ (Enquete-Kommission 1994). Die Ziele des Stoffstrommanagements können in Anlehnung an das Konzept der Nachhaltigkeit in den Bereichen Soziales (und Kulturelles), Ökologie und Ökonomie angesiedelt sein. Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt im Bereich der ökologischen Ziele. Berücksichtigt werden nach Möglichkeit die Menge und die Qualität der textilen Abfälle. Letztere wird bestimmt durch die Chemikalien, die auf dem Textil haften. Nicht berücksichtigt werden die Chemikalien, die im Lebensweg verwendet werden, jedoch nicht für den Verbleib auf dem Textil vorgesehen sind, wie Pestizide oder Reinigungskemikalien.

Die Untersuchung der Produktlinie der Fallbeispiele beschränkt sich weiter auf die Hauptlinie der textilen Kette. Dazu zählen die Phasen der Herstellung, des Gebrauchs und des Nachgebrauchs, an dem die Faser unmittelbar beteiligt ist (Enquete-Kommission 1994). Nebenlinien, die der Hauptlinie zuarbeiten, wie die Kette der Agrarchemikalien oder die Kette der Chemikalien, die als Hilfsmittel bei der Produktion eingesetzt werden, bleiben hier unberücksichtigt.

Zunächst werden für die Fallbeispiele die Struktur des Lebensweges, das textile Abfallaufkommen in den einzelnen Lebenswegphasen, die Informationsflüsse in der Akteurskette und die Einflussmöglichkeiten einzelner Akteure auf das textile Abfallaufkommen ermittelt. Die textilen Abfälle werden quantifiziert und bewertet. Weiterhin wird untersucht, welche Strategien zur Abfallreduzierung in der Produktlinie umgesetzt werden und welche Faktoren die Umsetzung der Strategien hemmen oder fördern. Für die Fallbeispiele wird aufgezeigt, mit welchen bislang nicht genutzten Strategien die textilen Abfälle theoretisch reduziert werden könnten. Ziel der Untersuchung der Fallbeispiele ist es nicht, bestehende Stoffsysteme in der Praxis zu optimieren. Um dieses Ziel zu erreichen, fehlte es an dem Interesse und der Kooperationsbereitschaft einzelner befragter wirtschaftlicher Akteure.

Die Untersuchung der Fallbeispiele mit der Methode Stoffstrommanagement gliedert sich in folgende Schritte:

1. Stoffstromanalyse
 - Stoffanalyse
 - Strukturanalyse
 - Quantifizierung der textilen Stoffströme
2. Stoffstrombewertung
3. Ermittlung von Strategien zur Abfallreduzierung

Unter dem Begriff der Stoffstromanalyse werden die Stoffanalyse, die Strukturanalyse und die Quantifizierung zusammengefasst. In der **Stoffanalyse** wird festgelegt, welche Stoffe im Lebensweg ermittelt werden sollen, um das zuvor festgelegte Ziel zu erreichen. In der vorliegenden Arbeit wird das Ziel verfolgt, die Abfallsituation im Lebensweg von ausgewählten Technischen Textilartikeln zu untersuchen und mögliche Strategien zur Abfallreduzierung zu erfassen. Daher werden allein die textilen Abfälle berücksichtigt.

In der **Strukturanalyse** wird zunächst der Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilien dargestellt. Er wurde ermittelt, indem Hersteller oder Händler nach ihren Lieferanten und diese wiederum nach vorgelagerten Akteuren befragt wurden. Entsprechend wurden die den Nutzern nachgelagerten Akteure erfasst. In der Strukturanalyse wird daneben untersucht, welche textilen Abfälle in welcher Qualität im Lebensweg anfallen. Dafür wurden bei den Fallbeispielen einzelne, aus der Abfallperspektive als relevant erachtete, Lebenswegphasen ausgewählt, die genauer untersucht wurden. Weiterhin wurden die Akteurskette, die Informationsströme zwischen den untersuchten Akteuren und die Einflussmöglichkeiten der befragten Akteure auf die textilen Abfallströme analysiert.

Die **Quantifizierung der textilen Abfälle** in der Produktlinie der Fallbeispiele basiert auf Massenbilanzen. Die Produktlinie wird als Kette verschiedener räumlicher Systeme beschrieben, beispielsweise Produktions- und Entsorgungsstätten und Orte des Gebrauchs. In der folgenden Abbildung sind diese Systeme zu den drei Phasen Herstellung, Gebrauch und Nachgebrauch zusammengefasst. Die Nachgebrauchsphase umfasst hier nur die Sammlung der Altprodukte und ggf. deren Sortierung. Die eigentliche Entsorgung, d.h. die Verwertung oder die Beseitigung der textilen Abfälle findet in dem hier abgebildeten Modell im Anschluss an die Nachgebrauchsphase statt. In der Abbildung sind die Massenströme in der Produktlinie der Fallbeispiele allgemein dargestellt.

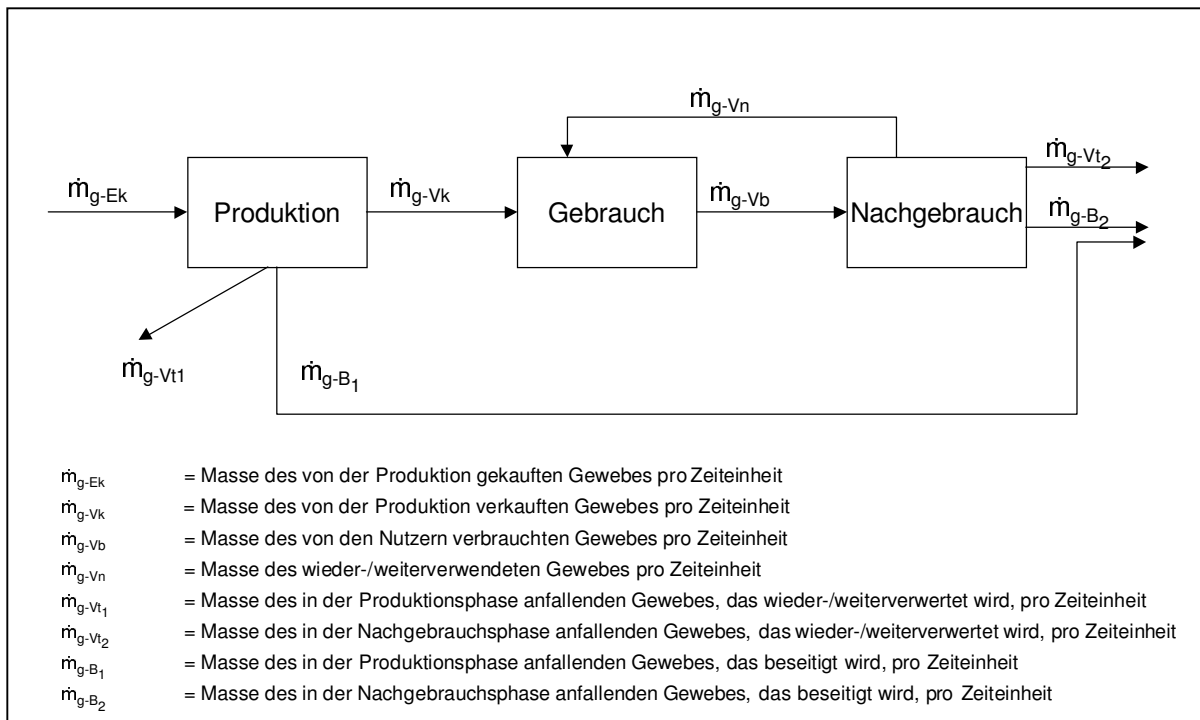


Abb. 5: Massenströme im Bilanzsystem Produktlinie

Die zu bilanzierende Größe ist die Masse des Textilgewebes m_g . Die Bilanzierung beruht auf der Gleichung:

$$\text{Speicher} = \text{Transport} \pm \text{Wandlung.}$$

Dabei wird hier vereinfachend angenommen, dass in der Produktlinie innerhalb der Phasen und zwischen den einzelnen Phasen keine Speicherung des Textilgewebes stattfindet. Dies spiegelt zwar nicht den realen Zustand wider, da beispielsweise in Produktionsbetrieben durchaus Gewebe gelagert wird, doch wird angenommen, dass über den Zeitraum von einem Jahr, über den hier in der Regel bilanziert wird, stationäre Bedingungen existieren. Auch der Wandlungsterm wird vereinfachend als Null angenommen, das heißt, dass innerhalb und zwischen den berücksichtigten Phasen kein Gewebe umgewandelt (hergestellt oder beseitigt) wird¹.

Im Anschluss an die Stoffstromanalyse werden die textilen Abfälle in Bezug auf ihre Menge und ihre Gefährlichkeit ansatzweise **bewertet**. Der Bewertung werden die Regeln für ein Management von Stoffströmen der Enquete-Kommission (1994) zu Grunde gelegt (vgl. Kapitel 3.1).

Die Produktlinien der Fallbeispiele wurden danach untersucht, ob einzelne **Strategien zur Abfallreduzierung** (vgl. 3.4) von direkten Akteuren umgesetzt werden.

¹ Die Nachgebrauchsphase umfasst in dem abgebildeten Modell nur die Sammlung und ggf. die Trennung der textilen Abfälle, nicht aber deren Verwertung oder Beseitigung. Daher kann angenommen werden, dass der Wandlungsterm in der Nachgebrauchsphase Null ist.

Direkte Akteure sind die Akteure, die mit dem Produktstrom in direkten Kontakt kommen. Zu ihnen zählen beispielsweise Produzenten, Handelsunternehmen, Nutzer und Entsorgungsunternehmen. Davon unterschieden werden die indirekten Akteure wie der Staat oder Verbraucherverbände, die die Rahmenbedingungen für den Umgang der direkten Akteure mit den Stoffströmen setzen bzw. beeinflussen. In Abb. 6 sind die wesentlichen Verbindungen zwischen den Stoffströmen, den direkten und den indirekten Akteuren dargestellt.

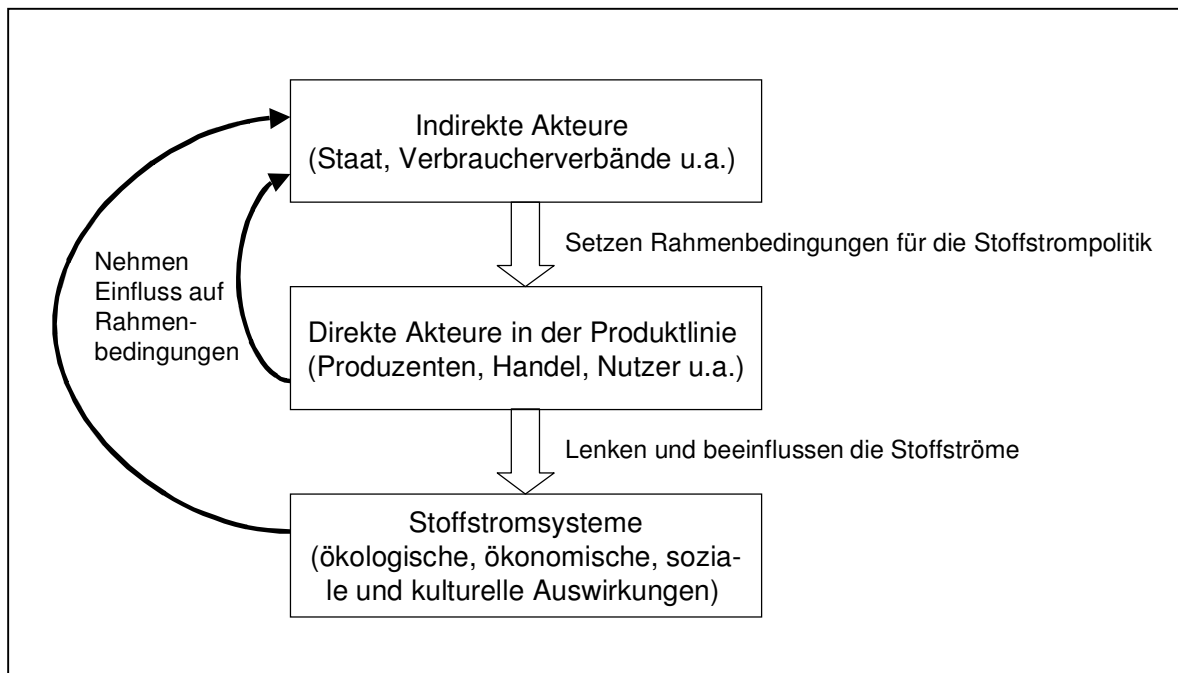


Abb. 6: Darstellung wesentlicher Beziehungen für das Management von Stoffströmen (vgl. De Man 1997)

Aus Abb. 6 ist ersichtlich, dass die direkten Akteure der Produktlinie die Stoffströme unmittelbar lenken und beeinflussen. Sie sind es auch, die im Stoffstrommanagement Kooperationen entlang der Produktlinie bilden. Die indirekten Akteure beeinflussen die Stoffströme dagegen nur über Rahmenbedingungen.

4.2 Methodik der Auswahl der Fallbeispiele

4.2.1 Auswahlkriterien

Aus dem Produktbereich der Technischen Textilartikel wurden drei Fallbeispiele ausgewählt. Die Auswahl basiert auf folgenden Kriterien:

- Hohe Abfallrelevanz
- Gute Datenlage/Informationsbereitschaft
- Geographische Nähe
- Unterschiede in der Faserart (Chemie- und Naturfasern)
- Textile Verarbeitung: Keine Verbundwerkstoffe

- Anwendung in unterschiedlichen Branchen/Verarbeitenden Industrien
- Industrieller und privater Gebrauch
- Unterschiede im Qualitätsniveau
- Unterschiede in der Nutzungsdauer

Ein Teil der Kriterien stammt aus der Strukturierung des Produktbereichs der Technischen Textilien (vgl. 2.2). Daneben wurden für die Auswahl der Fallbeispiele die Kriterien „hohe Abfallrelevanz“, „gute Datenlage“ und „geographische Nähe der Akteure“ als wichtig eingeschätzt und entsprechend berücksichtigt. Im Folgenden wird begründet, warum die einzelnen Kriterien für die Auswahl der Fallbeispiele bedeutend sind.

Abfallrelevanz

Die im life cycle der ausgewählten Technischen Textilartikel anfallenden textilen Abfälle sollen entweder in Bezug auf ihre Masse oder in Bezug auf ihre Gefährlichkeit relevant sein. Dieses Kriterium wird erfüllt, wenn beispielsweise solche Textilien gewählt werden, die mit human-toxikologisch wirkenden Chemikalien ausgerüstet sind.

Informationsbereitschaft

Im Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilien sollten Akteure existieren, die zu einer Weitergabe von Informationen bereit sind. Dies können möglicherweise Unternehmen sein, die ein Umweltmanagementsystem implementiert haben.

Geographische Nähe

Damit einzelne Akteure im life cycle besucht und Unternehmen besichtigt werden können, sollte ein großer Teil der Akteure im Lebensweg der Fallbeispiele in Deutschland oder in Nachbarländern ansässig sein.

Faserart

Mindestens eines der Fallbeispiele soll aus Naturfasern und mindestens eines aus Chemiefasern bestehen, um erfassen zu können, ob sich einzelne Strategien zur Abfallreduzierung besonders gut für Natur- oder Chemiefasern eignen.

Textile Verarbeitung

Die Fallbeispiele sollen keine Composites bzw. Textilverbundstoffe sein, bei denen der textile Anteil mit einem nichttextilen fest verbunden ist, da sich die Untersuchung des Lebensweges der Fallbeispiele auf den textilen Bestandteil beschränkt. So können beispielsweise Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg von Composites nur dann umgesetzt werden, wenn gleichzeitig der nichttextile Anteil berücksichtigt wird.

Branche/Verarbeitende Industrie

In der textilen Kette von Technischen Textilien, die im gleichen Industriezweig verarbeitet oder in der gleichen Branche angewendet werden, kann es zu Überschneidungen in Hinblick auf Machtstrukturen kommen. So besitzt beispielsweise der Autohersteller in der Produktlinie aller Technischen Textilien, die in der Autoindustrie verarbeitet werden, eine sehr einflussreiche Position. Um Unterschiede in den Machtstrukturen oder den Informationsströmen in den Akteursketten ermitteln zu können, sollen die Fallbeispiele aus unterschiedlichen Branchen stammen und in unterschiedlichen Industriezweigen verarbeitet werden. Daneben kann es in einzelnen Branchen und in einzelnen verarbeitenden Industriezweigen spezifische Konzepte zur Abfallreduzierung oder spezielle gesetzliche Regelungen geben, die in ihrer Besonderheit nur dann ermittelt werden können, wenn Fallbeispiele aus unterschiedlichen Bereichen gewählt werden.

Industrieller oder privater Gebrauch

Der Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilien soll auf mögliche Unterschiede in den Einflussmöglichkeiten von industriellen und privaten Kunden untersucht werden. Zu den Textilien für den industriellen Gebrauch zählen die Technischen Textilien, über deren Kauf der Hersteller des Endproduktes bestimmt. Beispielsweise wird das textile Band eines Bügeleisens zum Bereich des industriellen Gebrauchs gezählt, da der Bügeleisenhersteller über dessen Kauf entscheidet. Die privaten Nutzer bestimmen dagegen nur über den Kauf des kompletten Bügeleisens und haben keinen Einfluss auf die textilen Bestandteile. Die Fallbeispiele sollen sowohl aus dem industriellen als auch aus dem privaten Gebrauch stammen.

Qualitätsniveau

Die Fallbeispiele sollen ein unterschiedliches Qualitätsniveau besitzen, um mögliche Auswirkungen der Qualität Technischer Textilien auf die Abfallsituation im Lebensweg oder auf Strategien zur Abfallreduzierung erfassen zu können. Durch die Auswahl eines Technischen Textils mit einer geringen Qualität wird auch der häufig anzutreffenden Aussage begegnet, Technische Textilien seien generell qualitativ hochwertige Produkte.

Nutzungsdauer

Die Fallbeispiele sollen eine unterschiedliche Nutzungsdauer aufweisen, um ermitteln zu können, welche Auswirkungen die Nutzungsdauer auf den Abfallanfall im Lebensweg hat und welche Strategien zur Abfallreduzierung für kurz- und langlebige Technische Textilartikel geeignet sind.

4.2.2 Methodik der Auswahl

Die Auswahl der Fallbeispiele erfolgte sukzessive, so dass die Ergebnisse der Untersuchung des ersten bzw. zweiten Technischen Textilartikels bei der Auswahl der folgenden Fallbeispiele berücksichtigt werden konnten. In Tab. 7 ist dargestellt, ob und inwieweit die drei ausgewählten Fallbeispiele den oben dargestellten Auswahlkriterien entsprechen. Im Anschluss wird die Auswahl der Produkte beschrieben.

Tab. 7: Auswahlkriterien und entsprechende Eigenschaften der drei ausgewählten Technischen Textilien

Kriterien	Pavillon	Baumwollzelt	Gurtband
Hohe Abfallrelevanz	Menge relevant	chemische Ausrüstung relevant	Menge relevant
Gute Datenlage	zunächst gute Datenlage angenommen	gute Datenlage	relativ gute Datenlage
Geographische Nähe	zunächst angenommen	nein	ja
Unterschiedliche Faserarten	Polyethylen	Baumwolle	Polyester
Textile Verarbeitung: Keine Verbundwerkstoffe	Gewebe	Gewebe	Gewebe
Anwendung in unterschiedlichen Branchen/Verarbeitenden Industrien	Buildtech/Textil- und Bekleidungsindustrie	Buildtech/Textil- und Bekleidungsindustrie	Mobiltech/Automobilindustrie
Sowohl industrieller als auch privater Gebrauch	privat	privat	industriell
Unterschiede im Qualitätsniveau	gering	hoch	hoch
Unterschiede in der Nutzungsdauer	kurz bis mittel	lang bis sehr lang	lang bis sehr lang

Pavillon

Als erstes Fallbeispiel wurde ein Pavillon aus einem weißen Polyethylen-Bändchengewebe gewählt, der in vielen Gärten, vor Imbissbuden und bei Straßenfesten angetroffen werden kann. Aus der Abfallperspektive ist die große Menge an Pavillons interessant, die auf Grund einer relativ geringen Qualität und einer kleinen bis mittleren Nutzungsdauer des Pavillons schon nach kurzer Zeit zu einem hohen Abfallaufkommen führt. Erste Kontakte mit einzelnen Akteuren im Lebensweg, die zum Teil als ökologisch pro-aktive Unternehmen in Erscheinung treten, ließen auf deren Bereitschaft zur Weitergabe von Informationen und eine Fertigung der Pavillons im Inland schließen. Erst nachdem erste Untersuchungen des Fallbeispiels abgeschlossen waren, wurde ersichtlich, dass der „Hersteller“ entgegen ersten Aussagen den Pavillon zum Großteil aus Asien importiert und nur zu einem kleinen Teil in Osteuropa konfektionieren lässt. Da die Untersuchung des Fallbeispiels zu diesem Zeitpunkt schon relativ weit fortgeschritten war, wurde es beibehalten. Der textile Anteil des Pavillons besteht aus Polyethylen. Der Pavillon zählt zur Branche Buildtech und wird im Industriezweig Textil- und Bekleidungsindustrie, in dem auch die Konfektionierung Technischer Textilien zusammengefasst ist, verarbeitet.

Baumwollzelt

Als zweites Fallbeispiel wurde das Baumwollzelt ausgewählt, ein Technisches Textil das zunächst bei der Untersuchung potenzieller Strategien zur Abfallreduzierung für das Fallbeispiel Pavillon in Erscheinung trat. Es wurde als Fallbeispiel gewählt, da eine Untersuchung des Lebensweges aus der Abfallperspektive interessante Ergebnisse versprach und die Akteure eine hohe Bereitschaft zur Weitergabe von Informationen zeigten. Neben den aus der Abfallperspektive positiven Tendenzen – beispielsweise der langen bis sehr langen Nutzungsdauer – besitzt das Baumwollzelt auf Grund der für die Ausrüstung des Zeltes verwendeten Chemikalien eine hohe Abfallrelevanz. Weitere Kriterien, die das Baumwollzelt erfüllt, sind die hohe Qualität sowie die Verwendung von Naturfasern. Dagegen entspricht es nicht dem geforderten Kriterium der geographischen Nähe, da die Hersteller und Nutzer in den USA ansässig sind. Weiterhin zählt das Baumwollzelt zur gleichen Branche wie der Pavillon und wird im gleichen Industriezweig verarbeitet wie dieser. Es entspricht damit nicht dem Kriterium, nach dem die Fallbeispiele in unterschiedlichen Branchen angewendet und von unterschiedlichen Industriezweigen verarbeitet werden sollen.

Sicherheitsgurtband

Das Sicherheitsgurtband eines Kraftfahrzeugs wurde als drittes und letztes Fallbeispiel gewählt. Für die Auswahl sprach, dass das Produkt mengenmäßig sehr relevant ist, die Datenlage nach ersten Gesprächen mit einzelnen Akteuren (Herstellern und Verwertungsunternehmen) als positiv zu bewerten war, die relevanten Akteure in Deutschland und den Niederlanden ansässig sind und die direkten Zulieferunternehmen der Autohersteller Umweltmanagementsysteme implementiert haben. Daneben ist das Gurtband in einer anderen Branche/Verarbeitenden Industrie angesiedelt als die beiden ersten Fallbeispiele und besitzt im Vergleich zum Pavillon eine sehr hohe Qualität (Sicherheitstextil) und eine lange Nutzungsdauer.

4.3 Methodik der Befragung der Akteure

Für die vorliegende Untersuchung ist das Wissen der Akteure der Produktlinie eine wesentliche Datenquelle. Die Akteure können auf Grund ihrer detaillierten Kenntnisse zur Herstellung, zum Gebrauch oder zur Entsorgung der ausgewählten Produkte als Experten für ihr Handlungsfeld bezeichnet werden (Meuser, Nagel 1991). Für die Befragung der Akteure entlang der Produktlinie wurden folgende Methoden angewandt:

- Fragebögen (schriftlich)
- Leitfadengestützte offene Experteninterviews (direkt oder per Telefon).

Die Fragen des Fragebogens und des Leitfadens basieren auf den oben genannten Fragestellungen. Sie wurden ergänzt durch spezifische Fragen aus einer im Vorfeld durchgeführten explorierenden Untersuchung der im Bereich der einzelnen Fallbeispiele vorliegenden Literatur. Die Leitfäden und Fragebögen finden sich im Anhang.

Fragebogen

Nach ersten telefonischen Kontakten, die das Untersuchungsfeld erschließen sollten, wurden in der Regel an die relevanten Akteure zunächst Fragebögen verschickt. Einzelne Akteure wurden in Ausnahmefällen auch direkt angerufen, insbesondere wenn die Anzahl der Fragen begrenzt war oder die Akteure telefonisch leichter erreichbar waren. Die für die Untersuchung besonders wichtigen Akteure wurden im Anschluss telefonisch oder direkt (persönlich) interviewt. Eine Ausnahme stellen die Akteure im Lebensweg des Baumwollzeltes dar. Da sie in den USA ansässig sind, wurden sie ausschließlich schriftlich befragt.

Da die Fragebögen nur an die Akteure versendet wurden, die vorher telefonisch bereits ihre Bereitschaft erklärt hatten, die Fragen schriftlich zu beantworten, wurden alle versendeten Fragebögen – teilweise nach wiederholter telefonischer Erinnerung - beantwortet.

Leitfadengestütztes offenes Experteninterview

Im Experteninterview bildet der organisatorische und institutionelle Zusammenhang den Gegenstand der Analyse, der mit dem Lebenszusammenhang der agierenden Personen nicht identisch ist (Meuser, Nagel 1991). Die Experten, die sich auf Grundlage der Ergebnisse der Fragebögen oder erster telefonischer explorativ-felderschließender Interviews als relevant und informationsbereit gezeigt hatten, wurden mit Hilfe eines Leitfadens interviewt. Die Interviews wurden in Abhängigkeit von der Bereitschaft der befragten Akteure, ihr Unternehmen für eine Besichtigung zu öffnen und für Fragen in einem direkten Interview zur Verfügung zu stehen, zum Teil in direkter Anwesenheit, zum Teil telefonisch durchgeführt.

Für die Untersuchungen wurden:

- teilweise mehrere Experten in einer Firma befragt,
- einzelne Experten stellvertretend für eine Lebenswegphase des Fallbeispiels interviewt oder
- mehrere Experten einer Lebenswegphase befragt.

Die Unterschiede in der Anzahl der in den einzelnen Lebenswegphasen befragten Akteure begründen sich mit der Bereitschaft einzelner Unternehmen, Informationen für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung zu stellen. Besonders beim Sicherheitsgurtband, dessen Herstellungsphase sich europaweit aus einigen wenigen Unternehmen zusammensetzt, kann bereits die Bereitschaft eines wirtschaftlichen Akteurs zur Informationsweitergabe als Erfolg angesehen werden.

In der folgenden Tabelle ist dargestellt, in welchem Umfang die Akteure in den einzelnen Phasen des Lebenswegs der Fallbeispiele befragt wurden.

Tab. 8: Umfang der schriftlichen und mündlichen Befragung der Experten

	Pavillon	Baumwollzelt	Gurtband
Spinnerei	Befragt wurde eine Spinnerei (ein Fragebogen)		Befragt wurde eine Spinnerei (zwei telefonische Interviews)
Weberei			Befragt wurde eine Weberei (ein Fragebogen und zwei Interviews mit je einem Mitarbeiter)
Veredler	Befragt wurde ein Veredelungsunternehmen (ein telefonisches Interview)		
Hersteller/ Konfektionär	Befragt wurden ein Hersteller, der gleichzeitig Großhändler ist (ein Fragebogen und ein telefonisches Interview) sowie ein weiterer Hersteller (telefonisches Interview)	Befragt wurden vier Zelthersteller (Fragebögen)	Befragt wurden ein Systemhersteller (telefonisches Interview) und zwei Autohersteller (zwei Fragebögen und ein telefonisches Interview)
Handel	Befragt wurde ein Versandhandelsunternehmen (ein Fragebogen und ein telefonisches Interview)		
Nutzer	Befragt wurden drei Nutzer (Zwei Fragebögen und ein telefonisches Interview)	Befragt wurden drei Nutzer (Fragebögen)	
Entsorger	Befragt wurde ein öffentlicher Entsorger (Interview) und ein Recycler (telefonisches Interview)		Befragt wurden sieben Autoverwerter (fünf Fragebögen und zwei Interviews), ein Schredderbetrieb (telefonisches Interview), zwei Recycler (ein telefonisches Interview und ein Fragebogen) und ein Mitarbeiter der Recyclingabteilung eines Autoherstellers (telefonisches Interview)
Forschungseinrichtung	Befragt wurde ein Forschungsinstitut (telefonisches Interview)		

Neben den in der Tab. 8 angegebenen Interviews und schriftlichen Befragungen der Experten wurde Literatur zur Auswertung herangezogen. Die Untersuchung des Fallbeispiels Baumwollzelt basiert daneben auf den Informationen der Homepages der befragten und anderer Zelthersteller und den E-mail-Diskussionen von Zeltnutzern.

4.4 Methodik der Auswertung der Befragung

Eines der Ziele der Auswertung ist es, repräsentative Aussagen zu machen. „Mit dem, was der einzelne Experte vertritt, kann er sich in Gesellschaft dieser oder jener anderen Experten befinden, auch alleine dastehen – und es ist das Vorgehen des thematischen Vergleichs, mit dem wir Gemeinsamkeiten und Unterschiede feststellen“ (Meuser, Nagel 1991, S. 452). Um dieses Ziel zu erreichen, wurden die Aussagen der Akteure in Abhängigkeit davon, ob mehrere oder nur einzelne Akteure einer Lebenswegphase befragt wurden wie folgt ausgewertet:

- Wurde nur ein Akteur stellvertretend für eine Phase im Lebensweg befragt, so wurde dessen Aussage im Vergleich mit den Angaben der Akteure in den benachbarten Lebenswegphasen sowie, soweit möglich, durch den Vergleich mit Angaben aus der Literatur ausgewertet.
- Wurden mehrere Akteure einer Lebenswegphase befragt, dann wurden deren Aussagen verglichen.

5 Untersuchung der Fallbeispiele

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchung des Lebensweges der drei ausgewählten Technischen Textilartikel Pavillon, Baumwollzelt und Sicherheitsgurtband dargestellt.

5.1 Fallbeispiel Pavillon

Im Folgenden werden der untersuchte Pavillon und die Struktur seines Lebensweges beschrieben. In der Stoffstromanalyse werden die Stoffströme und die Lebenswegphasen abgegrenzt, die für die Untersuchung als relevant erachtet und untersucht wurden. Das Abfallaufkommen der untersuchten Phasen wird dargestellt und quantifiziert. Die Informationsströme zwischen den Akteuren der untersuchten Lebenswegphasen, die Entscheidungen der Akteure, die das Abfallaufkommen betreffen und die Ursachen dieser Entscheidungen werden genannt. Es folgt eine Bewertung der untersuchten Stoffströme sowie eine Darstellung der Strategien zur Abfallreduzierung, die im Lebensweg des Fallbeispiels Pavillon umgesetzt werden. Die Ergebnisse werden abschließend diskutiert.

5.1.1 Produktkunde

Der gewählte Pavillon aus Polyethylenbändchen wird seit Ende der 80er, Anfang der 90er Jahre (Information eines Großhandels 1999) auf dem deutschen Markt angeboten. Er besteht aus einem Stahlrohrgerüst, einem Dach aus Gewebe und jeweils einer schmalen Gewebbahn an den Standbeinen. Wahlweise existieren für den Pavillon auch Seitenteile, die am Gerüst befestigt werden können. Der Pavillon wird mit einer quadratischen, rechteckigen oder sechseckigen Grundfläche angeboten. Neben dem Pavillon aus Polyethylen existieren auf dem deutschen Markt auch Pavillons aus anderen Materialien, die sich in ihrer Qualität von dem ausgewählten Fallbeispiel unterscheiden, jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen sind. Ein Material, das sich zur Zeit immer mehr durchsetzt, ist ein beschichtetes Polyestergewebe. Der Pavillon aus diesem Material weist im Vergleich zum Pavillon aus Polyethylen eine höhere Reißfestigkeit und eine bessere Verarbeitung auf (Informationen eines Versandhandels 2000).

Der Pavillon wird in unterschiedlichen Bereichen verwendet. Diese lassen sich zum Beispiel nach der Dauer der Installation in drei Gruppen einteilen (Dalland 1987):

- Up-and-down Pavillons, die für einen Zeitraum von weniger als 30 Tagen im Rahmen von kurzzeitigen Events wie Gartenfesten, Informations- oder Verkaufsveranstaltungen aufgestellt werden.
- Saison-Pavillons, die für einen Zeitraum von einem bis zu sechs Monaten aufgestellt werden, beispielsweise in Gartenlokalen und Privatgärten.
- Dauerhaft installierte Pavillons, die für einen Zeitraum von mehr als 6 Monaten installiert werden, beispielsweise als Unterstand bei Imbissbuden oder als Fahrradständer.

Während die Pavillons aus Polyethylen Anfang der neunziger Jahre ein starkes Wachstum verzeichnen konnten, befindet sich der Markt derzeit in einer Sättigungsphase.

Lagen die Preise für einen Pavillon vor einigen Jahren noch bei durchschnittlich 200-250 DM (Information eines Großhandels 1999), wurden sie im Jahr 2000 für Preise zwischen 50-100 DM angeboten. Die folgende Abbildung zeigt den untersuchten Pavillon:



Abb. 7: Abbildung des untersuchten Pavillons

Das Pavillongewebe muss nach den Anforderungen des Herstellers für eine geschätzte Nutzungsdauer von 6-8 Jahren beständig gegen UV-Strahlung, unverrottbar und wasserabweisend sein. Polyethylen hoher Dichte erfüllt diese Anforderungen, da es eine gute Beständigkeit gegen UV-Strahlung besitzt, beständig ist gegen Mikroorganismen und eine hohe Festigkeit aufweist (vgl. Chemiefaser-Lexikon 1997).

Das Polyethylengewebe der Pavillons, die von einem der befragten deutschen Großhändler angeboten werden, stammt zur Zeit zu 100% aus Korea und wird dort zu etwa 90% auch konfektioniert. Etwa 10% des in Korea hergestellten Gewebes wird erst in Polen und Tschechien zu Pavillons verarbeitet.

5.1.2 Lebensweg des Pavillons

Zu der textilen Hauptlinie des Pavillons zählen die Phasen Rohstoffgewinnung, Polyethylenherstellung, (Bändchen-) Spinnerei, Weberei, Veredelung (Beschichtung), Konfektionierung, Gebrauch und Entsorgung. Im Folgenden wird daneben der Handel zwischen den Phasen Konfektionierung und Gebrauch berücksichtigt, da er für das Abfallaufkommen im Lebensweg eine wichtige Rolle spielt. In Abb. 8 sind die Lebenswegphasen mit dem Produktstrom dargestellt. Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Phasen sind dunkelgrau hervorgehoben, die nicht untersuchten Phasen sind hellgrau hinterlegt.

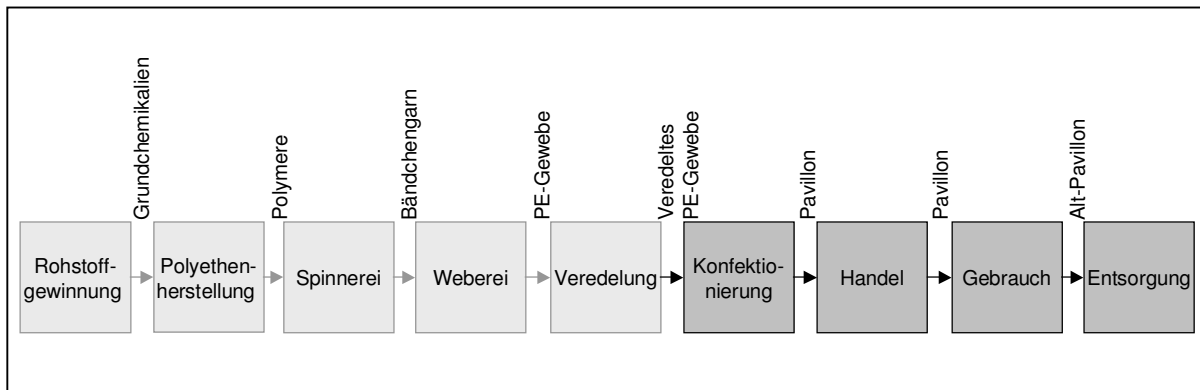


Abb. 8: Hauptlinie der textilen Kette (Pavillon)

Ausgangsprodukt für die Herstellung von Polyethylen ist die „light destillate fraction“, auch Naphtha genannt, die in der Phase der **Rohstoffgewinnung** bei der Refinement von Erdöl anfällt. Sie enthält bereits in geringen Mengen Ethylen, ein größerer Anteil kann durch Crackprozesse (hydrolytische Crackung von höheren Kohlenwasserstoffen) gewonnen werden, das im Anschluss in der Phase der **Polyethylenherstellung** zu Polyethylen polymerisiert wird. Für die Herstellung des Gewebes wird Polyethylen hoher Dichte (HD-PE) verwendet, das aus linearen Molekülen mit wenigen Verzweigungen besteht (vgl. Brinkmann et al. 1994).

Da Polyethylen nur spinngefärbt werden kann, werden dem Polymer in der **Spinnerei** zur Färbung feinstverteilte, meist weiße, Pigmente zugegeben. Aus dem Polymer wird zunächst eine Folie hergestellt, aus dieser werden dünne, schmale Bänder geschnitten (Chemie faser-Lexikon 1997). Die Bändchen werden vor oder nach dem Schneiden monoaxial gereckt. Zu einem kleinen Teil werden die Bändchen daneben durch ein Spinnen mit hoher Geschwindigkeit hergestellt (Lexikon für Textilveredlung 1995). Typisch ist der bändchenartige Querschnitt, der sich auf Grund des großen Verhältnisses von der Breite (z.B. 2-3 mm) zur Dicke (z.B. 30 µm) ergibt. Die Bändchen werden in der **Weberei** verwoben. Der Teil des Gewebes, der für die Herstellung des Pavillondachs verwendet wird, wird anschließend von einem Veredelungsunternehmen mit Polyethylen niedriger Dichte (LD-PE) beschichtet, um ihm wasserfeste Eigenschaften zu verleihen. Polyethylen niedriger Dichte besteht aus Molekülen mit langkettigen Verzweigungen (vgl. Brinkmann et al. 1994). Das Gewebe für die Seitenteile bleibt aus Kostengründen unbeschichtet (Information eines Veredlers 1999). In der Phase der **Konfektionierung** wird das Gewebe zugeschnitten und vernäht. Den Phasen Pavillonherstellung und Gebrauch ist der **Handel** zwischengeschaltet, beim Pavillon in der Regel der Großhandel sowie der Einzel- und Versandhandel. Es folgen die **Gebrauchsphase** und die Phase der **Entsorgung**. Gebrauchte Pavillons werden bislang von den städtischen Entsorgungsunternehmen entweder verbrannt oder deponiert (Information eines Entsorgungsunternehmens 1999).

5.1.3 Stoffstromanalyse des textilen Abfallaufkommens

Im Folgenden wird in der Stoffanalyse abgegrenzt, welche Stoffströme untersucht werden. In der anschließenden Strukturanalyse wird dargestellt, welche Lebenswegphasen untersucht wurden und welche textilen Abfälle in diesen Lebenswegphasen anfallen. Anschließend werden die textilen Abfälle quantifiziert. Für die Untersuchung wurden Mitarbeiter der Spinnerei, des Beschichtungsunternehmens, des Pavillonherstellers und des Handels, Nutzer und Mitarbeiter von Entsorgungsunternehmen schriftlich und mündlich befragt.

5.1.3.1 Stoffanalyse

Die Untersuchung beschränkt sich auf textile Abfälle im Lebensweg des Pavillons. Nicht-textile Elemente des Pavillons wie das Stahlgerüst werden nicht berücksichtigt.

5.1.3.2 Strukturanalyse

In der Strukturanalyse wird dargestellt, in welcher der untersuchten Lebenswegphasen textile Abfälle anfallen und wie sie beschaffen sind. Für die Analyse wurden allein die Phasen Konfektionierung, Handel, Gebrauch und Entsorgung untersucht, da sie einen wesentlichen Einfluss auf das Abfallaufkommen im Lebensweg haben. In diesen Phasen wird das Material, die Qualität, die Lebensdauer und die Art der Entsorgung des Pavillons festgelegt. Die Analyse der Akteurskette, der Informationsströme zwischen den Akteuren und der Einflussmöglichkeiten der befragten Akteure auf die textilen Abfallströme, die ebenfalls zur Strukturanalyse zählen, werden erst im Anschluss an die Quantifizierung der textilen Abfälle dargestellt.

In den untersuchten Lebenswegphasen des Pavillons fallen textile Abfälle in Form von Zuschnittabfällen in der Phase der Pavillonherstellung und in Form des Altpavillons in der Phase der Entsorgung an. Auf Grund der geringen Lebensdauer des Pavillons wird davon ausgegangen, dass in der Gebrauchsphase kein verschlissenes Gewebe als Abfall anfällt. Auch textile Reparaturabfälle können vernachlässigt werden, da gerissene Stellen des Pavillons in der Regel geklebt oder genäht, jedoch nicht ausgetauscht werden (Information von Nutzern 1999). In Abb. 9 sind der in der Untersuchung berücksichtigte Input, der die toxikologische Relevanz der textilen Abfälle und deren Recyclingfähigkeit beeinflusst, und die untersuchten textilen Abfälle mit schwarzen vertikalen Pfeilen dargestellt. Die grauen vertikalen Pfeile stellen den Input und die textilen Abfälle dar, die hier nicht berücksichtigt wurden. Die horizontalen Pfeile kennzeichnen den Produktstrom.

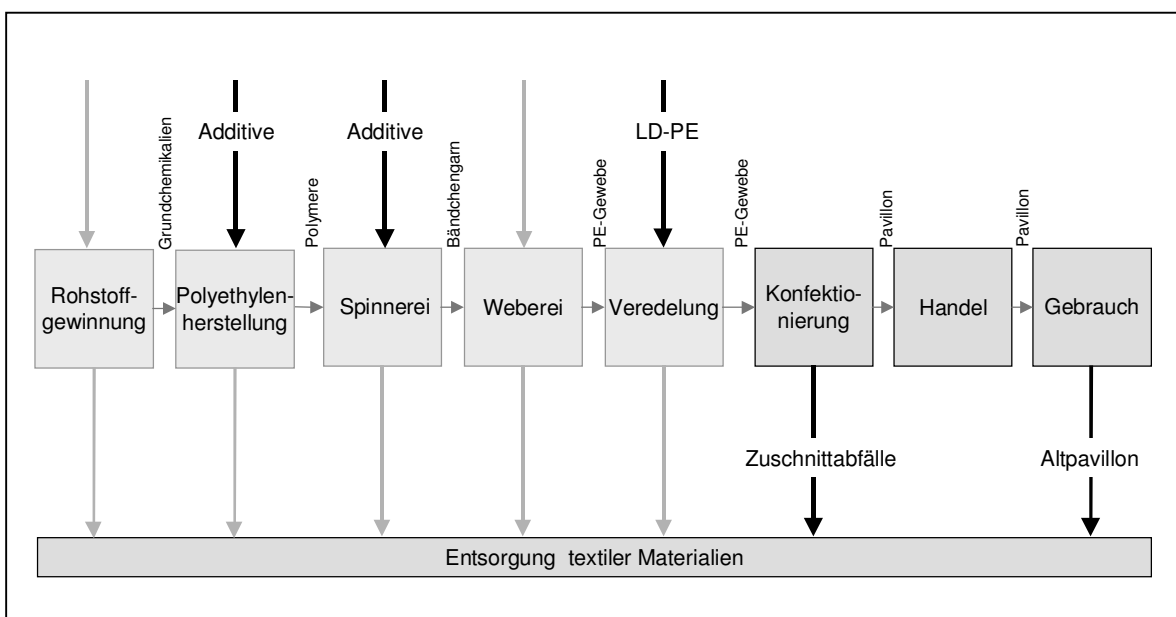


Abb. 9: Textile Abfallströme im Lebensweg des Pavillons

Die Zusammensetzung der Zuschnittabfälle und des Altpavillons hängt im Wesentlichen von den in der Phase der Herstellung verwendeten Chemikalien ab. Hier sind besonders die Additive relevant, die dem Polymer in der Phase der Polyethylenherstellung und der Spinnerei zugegeben werden. Der Altpavillon enthält daneben Schmutzstoffe und ggf. Reinigungsmittelrückstände aus der Gebrauchsphase.

5.1.3.3 Quantifizierung

Die Berechnung der Masse der oben genannten textilen Abfälle basiert auf durchschnittlichen Angaben bzw. Schätzwerten. Nach Auskunft eines Konfektionärs beträgt der Anteil an Zuschnittabfall etwa 3% des Gewichts des Ausgangsmaterials. Diese Zahl erscheint plausibel, da die Form des Pavillons auf einen minimalen Anteil an Verschnitt hin ausgelegt wird (Information eines Großhandels 1999).

Der Pavillon wird in fünf verschiedenen Formen mit einer Grundfläche von 6 bis 18 m² angeboten. Drei Modelle besitzen eine rechteckige, eines eine quadratische und eines eine sechseckige Grundfläche. In den einzelnen Pavillonmodellen sind zwischen 11 und 23 m² Gewebe verarbeitet. Da deren jeweilige Verkaufszahlen nicht bekannt sind, wird die Gewebemenge, die im Pavillon der Grundfläche 3 m * 4 m verarbeitet ist, als durchschnittlich für die in Polyethylen-Pavillons verarbeitete Gewebemenge angesehen. Die Wahl wird gestützt durch die Aussage des Großhandels, nach der der Trend zur Zeit hin zu rechteckigen Grundflächen geht (Information eines Großhandels 1999). Für den Pavillon werden separat noch großflächige Seitenteile angeboten, mit denen er zu einer Art Zelt verwandelt werden kann. Da ein Großteil der aufgestellten Pavillons keine Seitenteile besitzt, werden sie bei der Berechnung der Abfallmasse nicht berücksichtigt. In dem Pavillon mit der Grundfläche von 12 m² sind etwa 17,2 m² Gewebe verarbeitet (12,6 m² für das Dach, 2,4 m² für die vier Stangenseitenteile und 2,2 m² für die Blendleiste inklusive eines Zuschlags für Nähte von 5%). Das unbeschichtete Gewebe an den Seitenteilen wiegt etwa 170 g/m², das beschichtete Dachgewebe wiegt etwa 240 g/m². Daraus ergibt sich ein Gewebegewicht von etwa 4 kg. Der gesamte Pavillon, der aus dem Gewebe (ohne Seitenwände), Gerüst und Befestigungsringen besteht, wiegt 29 kg (Information eines Großhandels 1999).

Die zwei wichtigsten deutschen Großhändler für Polyethylen-Pavillons geben an, dass sie jährlich zusammen etwa 25.000 Pavillons aus Polyethylen in Deutschland verkaufen (Information des Großhandels 1999 und 2000). Da weder den befragten Großhändlern noch dem befragten Versandhandel weitere Pavillongroßhändler bekannt sind und diese Pavillonart von inländischen Zeltherstellern auf Grund der Billigimporte aus Asien nicht mehr hergestellt wird (Information eines Konfektionärs 2000), wird davon ausgegangen, dass die oben angegebene Zahl etwa der Anzahl der jährlich in Deutschland verkauften Pavillons aus Polyethylen entspricht. In Tab. 9 ist die Masse und die Fläche des Zuschnittabfalls, der bei der Herstellung eines Pavillons anfällt, sowie die Masse und Fläche eines Altpavillons aus 100%-Polyethylen angegeben. Die Angaben wurden hochgerechnet auf die Anzahl der jährlich in Deutschland verkauften Pavillons. Der Berechnung liegt die vereinfachende Annahme zu Grunde, dass die Menge an jährlich produzierten Pavillons gleich der Menge an jährlich entsorgten Pavillons ist. Dies gilt strenggenommen nur für einen bestimmten Zeitraum nach Erreichen der Marktsättigung.

Vor der Marktsättigung wird die Anzahl der produzierten Pavillons größer sein als die Anzahl der entsorgten, nach Marktsättigung wird die Anzahl der entsorgten Pavillons die Zahl der produzierten übersteigen.

Tab. 9: Masse und Größe des Zuschnittabfalls und des Altgewebes eines einzelnen Pavillons sowie aller Pavillons, die in Deutschland jährlich entsorgt werden

	Abfall je Pavillon		Abfall der in Deutschland entsorgten Pavillons	
Zuschnittabfall	0,1 kg	0,5 m ²	2,5 t	0,01 km ²
Altpavillon	4,0 kg	17,2 m ²	100 t	0,43 km ²
Gesamt	4,1 kg	17,7 m²	102,5 t	0,44 km²

Der Zuschnittabfall eines einzelnen Pavillon wiegt etwa 0,1 kg. Im Rahmen der Herstellung der jährlich in Deutschland entsorgten Pavillons fallen in Asien und zu einem geringen Teil in Osteuropa textile Zuschnittabfälle mit einer Masse von 2,5 t an. Daneben fallen in Deutschland jährlich etwa 100 t gebrauchtes Polyethylengewebe aus Altpavillons an.

Nutzungsdauer

Problematisch ist aus der Abfallperspektive besonders die geringe Nutzungs- oder Lebensdauer des Pavillons. Sowohl die befragten Handelsunternehmen als auch die Nutzer gehen von einer kurzen bis mittleren Lebensdauer des Pavillons von 2 bis 4 Jahren aus. Der Handel spricht sogar von einem „Wegwerfprodukt“.

Die befragten Handelsunternehmen und die befragten Nutzer geben unterschiedliche Ursachen für die geringe Lebensdauer des Pavillons an. Der Großhandel, der von einer theoretischen Lebensdauer von 5 bis 8 Jahren ausgeht, sieht die Ursachen besonders in dem schlechten Pflegeverhalten der Nutzer. Der Pavillon wird nach seinen Angaben von den Nutzern in der Regel nicht sorgsam behandelt, gereinigt und repariert und relativ schnell entsorgt. Bei diesen Aussagen ist zu berücksichtigen, dass der Großhandel keinen Kontakt zu den Nutzern hat und keine systematischen Befragungen zum Nutzerverhalten oder der Kundenzufriedenheit durchführt.

Dagegen sehen die Nutzer als Ursache für die geringe Lebensdauer des Pavillons insbesondere dessen geringe Qualität, die sich in dem verwendeten Material, der Verarbeitung und der Konstruktion zeigt. Schon nach kurzer Anwendungszeit soll sich das Gewebe abhängig vom Standort irreversibel grünlich oder grau verfärben und schmutzig aussehen, spröder werden und Risse zeigen. Auch durch den unhandlichen Auf- und Abbau des Pavillons kann es nach Aussagen der Nutzer leicht zu Gewebeschäden in Form von Rissen an den Nähten und in den Dachecken kommen. Der Einfluss des Pflegeverhaltens auf die Lebensdauer ist auf Grund der schlechten Qualität des Pavillons begrenzt. Die Entscheidungen einzelner Akteure in Bezug auf die Qualität des Pavillons sowie das Verhalten der Nutzer bezüglich der Pflege und der Entsorgung des Pavillons werden in Punkt 5.1.4.2 dargestellt.

5.1.4 Akteurskette

Im Folgenden werden für die untersuchten Lebenswegphasen die Informationsströme zwischen den Akteuren, die abfallrelevanten Akteursentscheidungen und die Ursachen für diese Entscheidungen dargestellt. In der Untersuchung wird sowohl der Großhandel als auch der Einzel- und Versandhandel berücksichtigt, da beide Akteure relativ einflussreich sind. Eine Besonderheit ist, dass der befragte Großhandel gleichzeitig partiell die Funktion des Konfektionärs übernimmt. Er kauft den Großteil der Pavillons bereits fertig konfektioniert in Asien ein und lässt daneben aus Asien importiertes Gewebe im Bedarfsfall von firmeneigenen Unternehmen in Osteuropa konfektionieren, um nicht kalkulierbare Nachfragespitzen des Einzel- und Versandhandels kurzfristig abdecken zu können. Der Großhandel gibt an, vor einigen Jahren den Großteil der Pavillons noch selbst im Inland konfektioniert zu haben, auf Grund der Billigkonkurrenz aus Asien aber immer mehr zum Handeln übergegangen zu sein. Obgleich der Großhandel somit sowohl die Funktion des Großhandels als auch die des Konfektionärs besitzt, wird er im Folgenden nur als Großhandel bezeichnet.

5.1.4.1 Informationsströme

Die sehr spärliche Kommunikation im Lebensweg des Pavillons beschränkt sich auf benachbarte Akteure. Es findet keine direkte Kommunikation über mehr als zwei Phasen hinweg statt. Hinweise aus den Befragungen deuten darauf hin, dass insbesondere größere Ketten des Einzel- und Versandhandels relativ mächtige Akteure sind. Sie wählen die Modelle aus der Kollektion des Großhandels nicht nur aus, sondern können auch Änderungen in der Produktgestalt festlegen, wie den Verzicht auf Beschichtung oder eine veränderte Farbe oder Form.

Die zentralen Einkäufer des Großhandels stehen in direktem Kontakt mit den Pavillonherstellern in Asien und leiten sowohl die eigenen Anforderungen an die Gestalt der Prototypen als auch die Anforderungen des Einzel- und Versandhandels an diese weiter. Dadurch, dass der Großhandel nicht nur Auflagen und Anforderungen erfüllt, sondern auch mit einer eigenen Kollektion vorstellig wird, hat er Einfluss auf die Gestaltung des Pavillons. In Abb. 10 sind die Informationsströme zwischen den befragten Akteuren (dunkelgrauer Hintergrund) dargestellt.

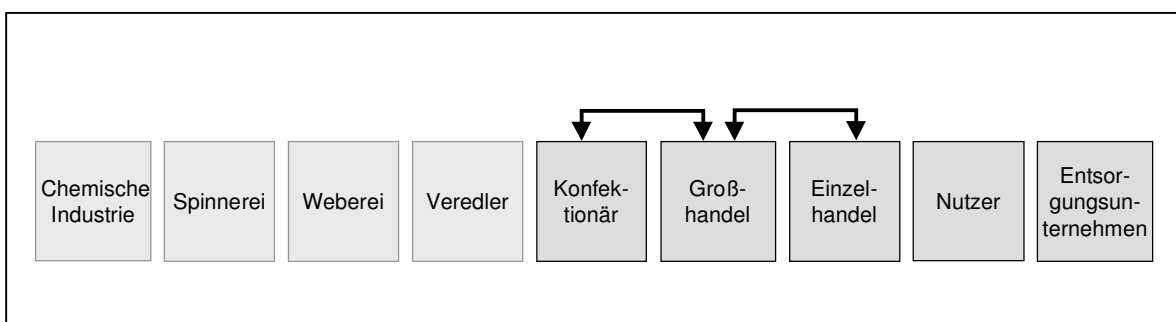


Abb. 10: Informationsströme zwischen den Akteuren der untersuchten Lebenswegphasen (Pavillon)

Eine direkte Kommunikation zwischen dem Einzel- und Versandhandel und den Nutzern findet nicht statt. So kennen die Handelsunternehmen nicht die Lebensdauer der von ihnen verkauften Pavillons und machen in der Befragung zur Lebensdauer Angaben, die wesentlich höher sind als die Angaben der befragten Nutzer. Der Handel betreibt zwar Marktforschung, um Informationen zu den Wünschen der Nutzer bezüglich Größe, Farbe, Material und Qualität des Pavillons zu erhalten und das Produktangebot entsprechend zu gestalten. Eine Kommunikation zwischen Handel und Nutzern zu den bereits verkauften und genutzten Produkten, ihren Schwächen und Stärken, findet jedoch nicht statt. Eine Kommunikation zwischen den Nutzern und dem Handel könnte bei der Reklamation eines mangelhaften Pavillons stattfinden. Nach Aussagen eines Mitarbeiters des Versandhandels ist der Preis des Polyethylen-Pavillons jedoch so gering, dass die Nutzer das schadhafte Produkt nicht oder nur in Ausnahmefällen reklamieren. Belegt wird dies von einem Nutzer, der einen Pavillon gekauft hat, bei dem eine Stange fehlte, und der diesen nicht reklamiert, sondern entsorgt hat (Information eines Nutzers 1999).

Es existiert auch keine indirekte Kommunikation zwischen den Pavillonherstellern und den Nutzern in Form von Anleitungen zur Reinigung und Pflege des Pavillons. Daneben existiert keine ausreichende Kommunikation zwischen den Entsorgungsunternehmen und den Nutzern. Belegt werden kann dies durch die Unsicherheit, die bei den befragten Nutzern in Hinblick auf die Art der Entsorgung besteht. Die befragten Nutzer entsorgen ihre Pavillons entweder über die gelbe Tonne für Verpackungsmaterial, die Restmülltonne oder über den Sperrmüll. Sowohl aus der gelben Tonne als auch aus dem Sperrmüll wird er aussortiert, um über die Restmüllentsorgung auf der Deponie oder in der Müllverbrennung beseitigt zu werden (Informationen von Entsorgungsunternehmen 1999).

5.1.4.2 Einfluss der Akteure auf das Abfallaufkommen

Im Folgenden werden die Entscheidungen des Großhandels, des Einzel- und Versandhandels, der Nutzer und des Entsorgungsunternehmens dargestellt, die sich auf das textile Abfallaufkommen und die Lebensdauer des Pavillons auswirken.

Großhandel

Die Orientierung des Großhandels am Preis und nicht an der Qualität des Pavillons führt zu einer Reduzierung der Gewebemasse und damit gleichzeitig zu einer Reduzierung der Lebensdauer.

Er entscheidet sich dafür, den Preis des Pavillons als wesentliches Kriterium anzusetzen. So standen für die Auswahl des Materials für das Pavillongewebe nicht Funktion und Lebensdauer, sondern Preis und Routinen – der Großhändler hat seit Jahrzehnten Produkte aus Polyethylen im Angebot - im Vordergrund. Folge ist, dass ein Gewebe aus Polyethylenbändchen verwendet wird, das qualitativ nicht hochwertig ist.

Bei der Auslegung der Pavillonmodelle achtet der Großhandel darauf, dass die eingesetzte Gewebemasse möglichst gering ist. So werden (1) vom Großhandel nur solche Prototypen angeboten, deren Menge an Zuschnittabfall minimal ist.

Daneben werden (2) die Bändchen dünner und (3) nur noch die Gewebematten für die Herstellung des Daches beschichtet (Information eines Veredlers 1999). Diese Entscheidungen wirken sich insofern abfallreduzierend aus, als sie die verarbeitete Gewebemasse reduzieren.

Gleichzeitig sinkt die Lebensdauer des Pavillons, da das dünnere Bändchen leichter reißt, der Pavillon mit partieller Beschichtung weniger wasserdicht ist, die Kundenzufriedenheit sinkt und der Pavillon somit früher entsorgt wird.

Die kurze Lebensdauer des Pavillons wird vom Großhandel akzeptiert und auf Grund der von ihm initiierten Veränderungen des Materials und des Designs, die zu einer sinkenden Qualität führen, unterstützt. Der befragte Großhandel äußert sich zur Idee der Lebensdauererlängerung der Pavillons mit: „Dann sterben wir in Schönheit“ (Information eines Großhandels 1999).

Einzel- und Versandhandel

Der Einzel- und Versandhandel unterstützt durch seine Kostenorientierung die Entwicklung des Pavillons zum Wegwerfprodukt. So fordert der Einzel- und Versandhandel vom Großhandel ein möglichst preiswertes Produkt, ungeachtet dessen sinkender Qualität. Beispielsweise nehmen größere Einzel- und Versandhandelsketten Einfluss auf die Prototypen des Großhandels, indem sie die Gewebefläche weiter reduzieren und den Pavillon so noch kostengünstiger gestalten (Information eines Großhandels 1999).

Nutzer

Die Nutzer haben durch ihr Pflege- und Entsorgungsverhalten einen gewissen Einfluss auf die Lebensdauer, der auf Grund der geringen Qualität des Pavillons begrenzt ist. Die Auswahlkriterien der Nutzer beim Kauf des Pavillons sind allein Preis und Farbe (Information von Nutzern 1999). Sie entscheiden sich für einen Pavillon mit unbekannter Qualität. Eine fehlende Qualitätsorientierung kann für die Pavillonnutzer hier jedoch nicht generell festgestellt werden, da nach Angaben des Großhandels viele Nutzer, die bereits einen Pavillon aus Polyethylen-gewebe besaßen, im Anschluss einen qualitativ hochwertigeren Pavillon aus einem anderen Material kaufen. Das wird auch von den befragten Nutzern bestätigt (Information von Nutzern 1999).

Die Bereitschaft zur Pflege des Pavillons ist bei den befragten Nutzern sehr unterschiedlich. Während ein Teil der Nutzer Schäden sofort repariert und den Pavillon nach jedem Gebrauch trocknet und verstaut, investieren andere Nutzer keine Pflege in den Pavillon. Auch bei einer guten Behandlung und Pflege kann der Pavillon jedoch schon nach wenigen Aufbauvorgängen Schäden zeigen, die durch die geringe Qualität des Gewebes und der Verarbeitung verursacht werden (Informationen von Nutzern, 1999).

Das Entsorgungsverhalten der befragten Nutzer ist dahingehend ähnlich, dass sie den Pavillon nicht weitergeben oder verkaufen, sondern entsorgen. Ähnlich ist weiterhin, dass sie den Pavillon nicht allein deshalb entsorgen, weil er schäbig aussieht. Sämtliche befragte Nutzer berichten von einem schäbigen Aussehen nach kurzer Nutzungsdauer, alle nutzen den Pavillon aber immerhin 2 bis 4 Jahre.

Für den Zeitpunkt der Entsorgung können sowohl die textilen als auch die nichttextilen Bestandteile wesentlich sein. Entsorgt wird der Pavillon wenn die Schäden (Risse) im Gewebe zu groß werden, das Produkt nicht mehr gefällt oder das Gerüst beschädigt oder unvollständig ist (Informationen von Nutzern 1999).

Entsorgungsunternehmen

Verwertungsunternehmen für Polymere nehmen den Altpavillon aus ökonomischen Gründen nicht zur Verwertung an, obgleich er stofflich verwertbar ist (Blechschildt et al. 1996). Die Pavillons werden zur Zeit auch nicht von den Unternehmen, die Verpackungen aus vergleichbaren Materialien verwerten, angenommen (Information eines Sortierungsunternehmens für Verpackungsabfälle 1999). Die Unternehmen, in denen üblicherweise Alttextilien – in der Regel Bekleidungstextilien - recycelt werden, nehmen den Altpavillon nicht, da die zu verwendenden Textilien hier zunächst zu Fasern zerrissen werden, was bei dem aus Folienbändchen bestehenden Pavillon nicht möglich ist.

5.1.4.3 Ursachen für Akteursentscheidungen

Die oben dargestellten Entscheidungen der Akteure, die sich auf das textile Abfallaufkommen im Lebensweg des Pavillons auswirken, haben folgende Ursachen:

Der Pavillon wird für einen relativ geringen Preis angeboten (Niedrigpreissegment). Der geringe Preis wird ermöglicht durch niedrige Herstellungskosten, die sich in der schlechten Verarbeitung, dem leicht reißenden und leicht verschmutzenden Material und der schlechten Konstruktion spiegeln. Auf Grund der Marktsättigung wird der Preis des Pavillons immer stärker reduziert, um neue Käufergruppen zu gewinnen. Ein Gewinn kann nur noch durch einen hohen Umsatz erzielt werden (Information eines Großhandels 1999). Da das Herstellungsverfahren relativ investitionsarm ist und die Lohnkosten auf Grund der Herstellung in Billiglohnländern bereits gering sind, treten die Bemühungen um die Reduzierung der Kosten für die Rohstoffe bzw. das Polyethylengewebe stärker in den Mittelpunkt. Folgen dieser Entwicklung sind beispielsweise die Reduzierung des Flächengewichts des Gewebes.

Hersteller und Handel besitzen in Bezug auf den Pavillon keine Qualitätsorientierung. So existieren keine Mindestanforderungen an die Qualität des Pavillons. Der Einzel- und Versandhandel muss Reklamationsfälle zwar zurücknehmen. Nutzer reklamieren Schäden am Pavillon in der Regel jedoch nicht, da der Pavillon nicht teuer ist (Information eines Versandhandels 2000) und sich daher möglicherweise der Aufwand der Reklamation nicht lohnt. Die Nutzer erhalten daneben beim Kauf des Pavillons keine Informationen zur Qualität.

Der Zeitpunkt der Entsorgung hängt beim Pavillon auch von dem Aufwand ab, den die Entsorgung des relativ großen und sperrigen Pavillons mit sich bringt. Immerhin besteht er selbst ohne Gerüst noch aus 17 m² relativ sprödem Gewebe. Aus der Befragung der Nutzer ergeben sich Hinweise, dass der hohe Aufwand der Entsorgung die Lebensdauer des Pavillons verlängern kann.

Ursachen für die fehlende stoffliche Verwertung des Altpavillons liegen unter anderem im Material, das nicht zu Fasern gerissen und weiterverwertet werden kann und in der geringen Qualität des Alttelt-Gewebes, die eine Verwertung angesichts der geringen Kosten für primäres Polyethylen nicht rentabel erscheinen lässt.

5.1.5 Bewertung der textilen Abfälle

Die ausgewählten Pavillons aus Polyethylengewebe verursachen in den untersuchten Lebenswegphasen in Deutschland jährlich einen textilen Abfallanfall von 102,5 Tonnen. Gemessen an der 1997 in Europa produzierten Masse an Polyethylen von 4,1 Millionen Tonnen, die zeitlich versetzt auch als Abfall anfallen wird, erscheint die Masse der Abfälle aus dem Lebensweg des Pavillons zunächst vernachlässigbar klein. Sie ist trotzdem relevant, da eine nachhaltige Entwicklung nur dann erreicht werden kann, wenn auch die Abfälle in den Produktgruppen reduziert bzw. vermieden werden, die in Bezug auf die Gesamtmasse eher klein sind.

Der Abfall in den untersuchten Phasen des Lebensweges besteht fast ausschließlich aus nicht erneuerbaren Ressourcen. Ihr Verbrauch widerspricht einer der Managementregeln des nachhaltigen Wirtschaftens (vgl. Kapitel 3.1). Danach sollen nicht erneuerbare Ressourcen wie Erdöl und Kohle nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen geschaffen wird (vgl. Friege 1999). Diese Regel wird bislang insbesondere in den Industriestaaten noch nicht ansatzweise umgesetzt, sollte aber in Zukunft allein schon mit Blick auf die zunehmende Konzentration an Treibhausgasen in der Atmosphäre ernster genommen werden.

Die Gefährlichkeit der textilen Abfälle ist zum Teil abhängig von den in der Phase der Herstellung der Bändchen und deren Beschichtung verwendeten Katalysatoren und Additiven. Diese werden jedoch geheim gehalten. Es ist lediglich bekannt, dass keine flammhemmenden Stoffe eingesetzt werden (Information eines Großhandels 1999). Da darüber hinaus keine Informationen über öko- und humantoxikologische Wirkungen der Chemikalien bekannt sind, die bei der Herstellung von Polyethylenbändchen verwendet werden, kann hier keine Aussage über die Gefährlichkeit des Materials gemacht werden.

5.1.6 Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung

Im Lebensweg des Pavillons wurde auf der Grundlage der in Kapitel 3.4 dargestellten theoretisch möglichen Strategien zur Abfallreduzierung im Bereich der Produkte allein die Strategie „Kreislaufrührung“ identifiziert. Die Minimierung der Masse des Pavillons wird nicht als Strategie zur Abfallreduzierung gewertet, da sie gleichzeitig zu einer Verkürzung der Lebensdauer und damit zu einer Zunahme der textilen Abfälle führt.

Die Strategie der Kreislaufrührung wird in der Phase der Konfektionierung durch die Weiterverwertung von Zuschnittabfällen realisiert. In Abb. 11 sind die Stoffströme bei der Verwertung der Zuschnittabfälle dargestellt. Verwertet werden die Zuschnittabfälle der Pavillons, die in Osteuropa konfektioniert werden. Es ist nicht bekannt, ob dies auch für die Zuschnittabfälle der in Korea hergestellten Pavillons zutrifft. Im Folgenden wird angenommen, dass sie nicht verwertet, sondern beseitigt werden.

Nach Angaben des Großhändlers werden jährlich etwa 10% der 25.000 in Deutschland verkauften Pavillons in Osteuropa konfektioniert. Dabei fallen pro Pavillon 0,1 kg Zuschnittabfall (Information eines Großhandels 1999) und somit jährlich etwa 250 kg Zuschnittabfall an, der zur Weiterverwertung abgegeben wird.

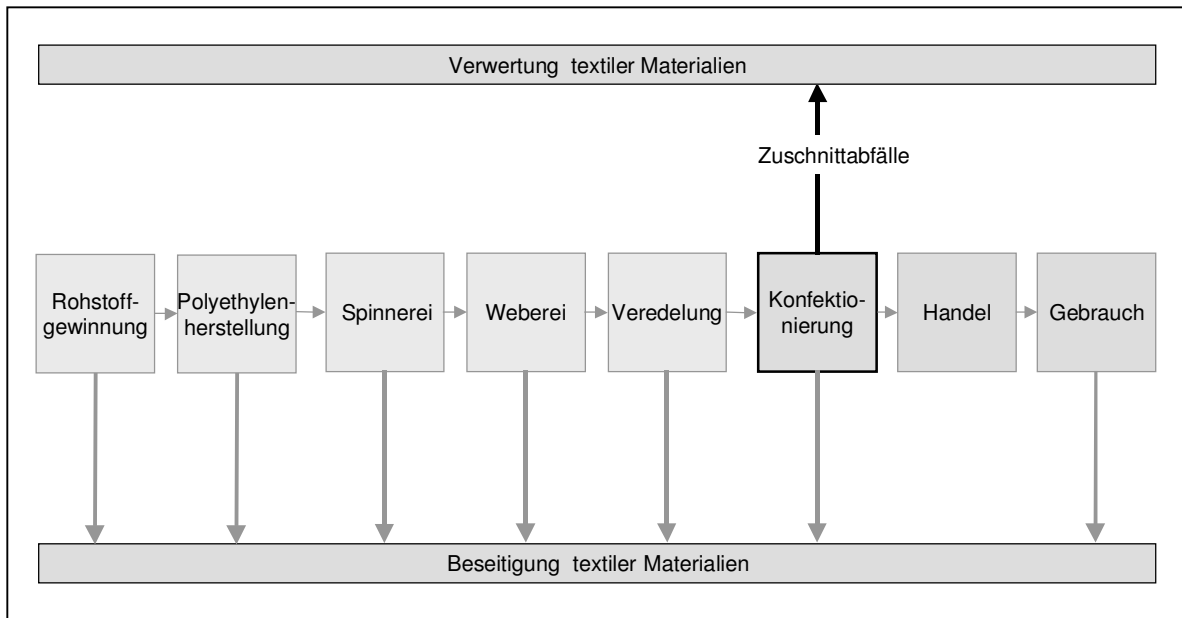


Abb. 11: Textile Abfallströme, die verwertet werden

Der schwarze Pfeil kennzeichnet den textilen Abfallstrom, der im Lebensweg des Pavillons verwertet wird, die grauen Pfeile stehen für die textilen Abfallströme zur Beseitigung. In Abb. 12 sind die Massenströme des Polyethylengewebes zwischen den Lebenswegphasen Konfektionierung (inkl. Handel), Gebrauch und Sammlung des Altpavillons dargestellt.

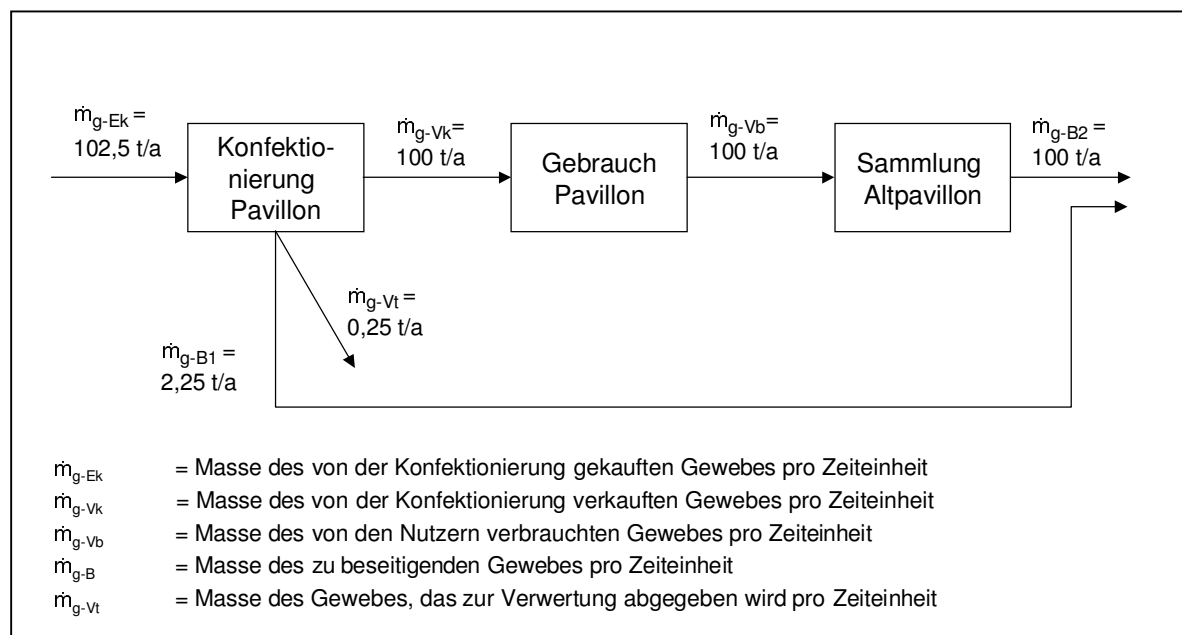


Abb. 12: Massenströme des Polyethylengewebes im Lebensweg des Pavillons

Aus der Abbildung ist erkennbar, dass nur ein Bruchteil des Polyethylengewebes (weniger als 0,3%) verwertet wird. Über 99,7% der textilen Abfälle im Lebensweg des Pavillons werden dagegen beseitigt, d.h. deponiert oder verbrannt.

Die Strategie der Kreislaufführung wird daher im Lebensweg des Pavillons nur in einem sehr geringen Umfang umgesetzt. Da die Strategie erst beim Abfallanfall ansetzt und das Gewebe nicht auf eine Wiederverwertung ausgelegt wird, besitzt sie auch nur eine geringe Reichweite.

Fördernde Faktoren

Fördernd auf die Verwertung der Zuschnittabfälle wirkt sich aus, dass der Konfektionär den Verschnitt gewinnbringend abgeben kann, da die Zuschnittabfälle sauber und neuwertig sind.

5.1.7 Diskussion der Ergebnisse „Pavillon“

Wesentliche Ergebnisse der Untersuchung sind, dass die textilen Abfälle im Lebensweg des Pavillons besonders auf Grund ihrer Menge ökologisch relevant sind und dass bislang kaum Ansätze zur Reduzierung der textilen Abfälle existieren. Mit der Strategie „Kreislaufführung“, die in der Phase der Konfektionierung umgesetzt wird, wird nur ein sehr kleiner Teil der textilen Abfälle erfasst. Der Großteil der textilen Abfälle in Form des Altpavillon-Gewebes wird dagegen beseitigt.

Sowohl der Hersteller als auch der Handel arbeiten darauf hin, die Herstellungskosten des Pavillons zu minimieren, um ihn zu einem möglichst geringen Preis verkaufen zu können. Während der Pavillon ursprünglich noch nicht im Niedrigpreissegment angesiedelt war, hat er sich im Laufe der Marktsättigung dorthin entwickelt (Information eines Großhandels 1999). Die Minimierung der Herstellungskosten und der resultierende geringe Preis des Pavillons haben jedoch sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf das Abfallaufkommen. So wird auf Grund der Minimierung der Materialkosten die Dicke der Bändchen und damit das textile Abfallaufkommen pro Pavillon weiter verringert. Weiterhin wird nur noch das Gewebe beschichtet, das für das Dach bestimmt ist. Der Verzicht auf die Beschichtung verringert nicht nur die Masse des Pavillons, er erhöht auch gleichzeitig die Recyclingfähigkeit des Gewebes, da unbeschichtetes Polyethylen hochwertig verwertet werden kann, während beschichtetes Polyethylen bei der stofflichen Verwertung zu Problemen führt (Information eines Forschungsinstitutes 1999).

Gleichzeitig wirkt sich die Minimierung der Herstellungskosten erhöhend auf das Abfallaufkommen aus, indem die Qualität (durch die Minimierung des Materials und die schlechter werdende Verarbeitung) und damit die Lebensdauer des Pavillons verkürzt wird. Daneben existieren Hinweise aus der Befragung der Nutzer, dass der geringe Preis des Pavillons dazu führt, dass ein Teil der Nutzer den Pavillon weder reinigt noch repariert, wodurch die ohnehin geringe Lebensdauer weiter sinkt. Die geringen Kosten des Pavillons und der damit verbundene geringe Preis haben weitere negative Auswirkungen auf das Abfallaufkommen, da sich Abfallreduzierungsstrategien für die Gebrauchsphase wie der Verleih des Pavillons (neue Nutzungsformen) oder die professionelle Reparatur (Verlängerung der Lebensdauer) nicht lohnen.

Die Untersuchung des Lebensweges ergab, dass die Nutzer den Pavillon ungeachtet seiner schlechten Qualität länger nutzen als es für ein solch qualitativ geringwertiges Produkt erwartet werden kann. Er wird zu einem Zeitpunkt entsorgt, zu dem er unabhängig von der Pflege schon seit längerem schmutzilig aussieht und mit großer Wahrscheinlichkeit mehrfach gerissen ist.

Ursachen für dieses Verhalten liegen möglicherweise in der Größe des Pavillons, der sperrig und nicht leicht zu entsorgen ist, und in den Kosten von 50 - 100 DM, die wahrscheinlich für viele Nutzer zu hoch sind, um den Pavillon jährlich durch einen Neuen zu ersetzen.

Die Untersuchung ergab weiterhin, dass die Nutzer beim Kauf des Pavillons nicht primär auf die Qualität achten. Das mag darauf hindeuten, dass die Nutzer keine Qualitätsorientierung besitzen. Dieser Annahme widerspricht, dass die Nutzer beim Kauf des Pavillons keine Kenntnis über dessen Qualität besitzen. Der einzige Hinweis auf die schlechte Qualität besteht in dem geringen Preis. Der Zusammenhang zwischen einem geringen Preis und einer schlechten Qualität ist jedoch nicht immer zwingend. Daneben kaufen sich Nutzer nach Angaben des Großhandels in der Regel ein besseres Nachfolgeprodukt, was durch einen Nutzer bestätigt wurde, der sich inzwischen einen seiner Ansicht nach qualitativ hochwertigeren Pavillon aus mit Glasfasern verstärktem Baumwollgewebe gekauft hat. Auch die Aussagen der Nutzer gehen dahin, dass sie sich ein qualitativ hochwertigeres Produkt wünschen. Ein Teil der Nutzer des Wegwerfproduktes Pavillon sind qualitätsorientiert, bereit zur Pflege und zur Verlängerung der Lebensdauer durch Verzögerung des Zeitpunktes der Entsorgung. Den Herstellern und dem Handel kann dagegen die Qualitätsorientierung abgesprochen werden.

5.2 Fallbeispiel Baumwollzelt

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung des Fallbeispiels Baumwollzelt dargestellt. Einleitend wird das Produkt und sein Lebensweg beschrieben. In der Stoffstromanalyse wird abgegrenzt, welche Stoffströme und welche Lebenswegphasen für die Untersuchung als relevant erachtet und untersucht wurden. Das Abfallaufkommen der untersuchten Phasen wird quantifiziert. Im Anschluss werden die Informationsströme zwischen den untersuchten Akteuren, die Entscheidungen der Akteure, die das Abfallaufkommen betreffen, und die Ursachen dieser Entscheidungen dargestellt. Es folgt eine Bewertung der untersuchten textilen Abfälle und eine Darstellung der Strategien zur Abfallreduzierung, die im Lebensweg des Baumwollzeltes umgesetzt werden. Die Ergebnisse werden abschließend diskutiert.

5.2.1 Produktkunde

Zelte, die aus einem 100%-igen Baumwollgewebe bestehen, werden - zumindest in Deutschland und den USA - nur noch selten angeboten. Zur Zeit lassen sie sich in einer Marktnische finden, in der Zelte nach historischen Vorbildern möglichst authentisch nachgebaut werden, wie Tipis, Wikingerzelte und mittelalterliche Pavillons. Als Vorlage dienen den Herstellern Bilder und andere Dokumente aus den entsprechenden Zeitepochen.

Die Verwendung von Baumwollgewebe für die historischen Zelte lässt sich mit der Forderung der Nutzer nach Authentizität begründen. Für die historischen Zelte werden neben dem Baumwollgewebe auch Stoffe aus Leinen und Wolle verwendet. Dies aber nur sehr vereinzelt und nur auf ausdrücklichen Kundenwunsch. Zu den Nutzern der historischen Zelte zählen neben Pfadfindern und sonstigen „Naturfreunden“ besonders die „true re-enactors“, die geschichtliche Ereignisse in einem möglichst authentischen Rahmen nachspielen.

Im Rahmen dieser Arbeit werden historische Zelte aus Baumwollgewebe untersucht, die von professionellen Zeltherstellern angeboten werden. Die historischen Zelte, die daneben auch von den Nutzern selbst hergestellt werden, sind nicht Bestandteil der Untersuchung. Auf der Grundlage von Befragungen einzelner Baumwollzelthersteller in den USA zur Anzahl der von ihnen produzierten Zelte, wird geschätzt, dass jährlich in den USA etwa 4.000 historische Baumwollzelte professionell hergestellt werden. Der Markt der historischen Zelte ist durch eine enorme Vielfalt gekennzeichnet. Es werden zahlreiche Zeltformen in unterschiedlichen Größen angeboten. Auch individuelle Anfertigungen sind in der Regel möglich. Daneben variieren das Flächengewicht des verwendeten Baumwollgewebes, dessen Farbe und die Art der Ausrüstung.

Positive Eigenschaften des unbehandelten Baumwollgewebes in der Anwendung als Zeltmaterial sind dessen „Atmungsaktivität“, die zu einem kühlen und angenehmen Zeltklima beiträgt und sich besonders bei längerem Aufenthalt im Zelt positiv auswirkt, die wasserabweisenden Eigenschaften bei geringen Regenspenden, verursacht durch die Fähigkeit der Baumwollfaser, Wasser zu speichern, und die gute Beständigkeit gegen UV-Strahlung. Negative Eigenschaften sind das im Vergleich zu synthetischem Zeltgewebe hohe Gewebegewicht und die Verfärbung des Gewebes beim Gebrauch. Weitere negative Eigenschaften des Baumwollgewebes sind dessen Brennbarkeit, die Unbeständigkeit gegenüber Mikroorganismen, die Undichtigkeit bei großen Regenspenden und die Fähigkeit zu schrumpfen und sich zu dehnen.

Diese Eigenschaften können durch eine mechanische und/oder chemische Ausrüstung verbessert werden. In einzelnen Bundesstaaten der USA ist die flammhemmende Ausrüstung des Baumwollgewebes gesetzlich vorgeschrieben.

Das in den historischen Zelten verwendete Baumwollgewebe wird in der Regel nicht spezifisch für die Anwendung als Zeltmaterial hergestellt. Das Gewebe wird auch für die Herstellung anderer Technischer Textilartikel wie Planen oder Segel verwendet.

5.2.2 Lebensweg des Baumwollzeltes

Zur Hauptlinie der textilen Kette des Baumwollzeltes zählen die Lebenswegphasen Gewinnung der Baumwollfaser, Spinnerei, Weberei, Veredelung, Konfektionierung, Gebrauch und Entsorgung des Baumwollzeltes. In Abb. 13 sind die Lebenswegphasen sowie der Produktstrom in der textilen Kette des Baumwollzeltes dargestellt. Die untersuchten Phasen sind dunkelgrau schattiert, die nicht untersuchten Phasen sind grau hinterlegt. Der Handel wird hier nicht berücksichtigt, da er zwischen den untersuchten Lebenswegphasen keine nennenswerte Rolle spielt.

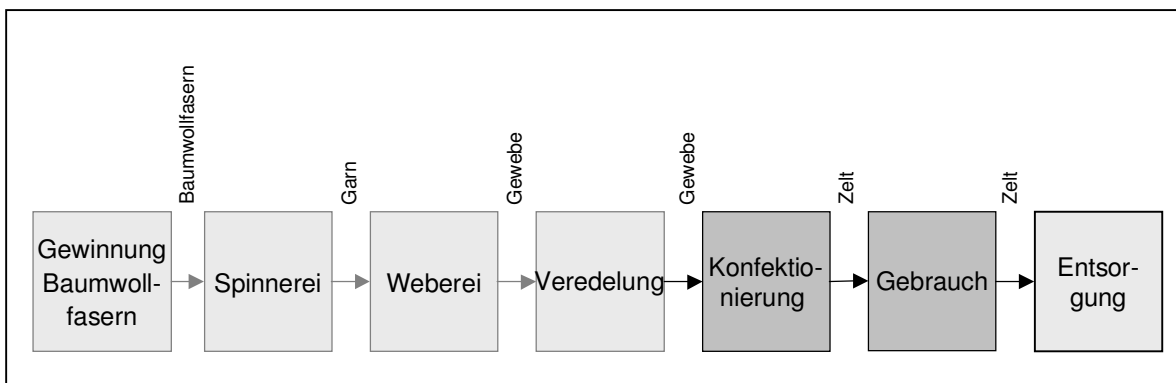


Abb. 13: Hauptlinie der textilen Kette (Baumwollzelt)

In der Phase der **Gewinnung** der Baumwollfaser wird die Baumwolle angepflanzt und geerntet. Die Fasern werden anschließend in der **Spinnerei** gereinigt, zu Fäden versponnen und zu Garnen verdreht. Die Baumwollgarne können sich in ihrer Qualität, z.B. ihrer Reißfestigkeit, unterscheiden (Enquete-Kommission 1994). In der **Weberei** wird aus dem Baumwollgarn das Gewebe hergestellt. Das Baumwollgewebe kann im Anschluss an die Weberei in der **Veredelung** mechanisch und chemisch ausgerüstet werden. Für die Verwendung in der Zeltherstellung wird oft ein Gewebe verwendet, das mechanisch gegen das Schrumpfen und chemisch gegen Feuer, Wasser und Schimmel ausgerüstet wurde. Durch die Ausrüstung kann sich das Gewebegewicht, die Farbe (z.B. helle Schicht bei flammhemmender Ausrüstung) und die Luftdurchlässigkeit ändern. In der Phase der **Zeltherstellung** wird veredeltes oder unbehandeltes Baumwollgewebe zu historischen Zelten konfektioniert, in der **Gebrauchsphase** genutzt und schließlich in der Phase der **Entsorgung** in der Regel auf der Deponie oder in der Müllverbrennung beseitigt.

5.2.3 Stoffstromanalyse des textilen Abfallaufkommens

Die untersuchten Stoffströme werden in der folgenden Stoffanalyse abgegrenzt. In der Strukturanalyse werden der Lebensweg des Baumwollzeltes und die in den untersuchten Lebenswegphasen anfallenden textilen Abfälle dargestellt. Im Anschluss werden sie quantifiziert. Für die Untersuchung wurden Hersteller und Nutzer von historischen Zelten in den USA – dort existieren im Vergleich zu Deutschland mehr und längere Erfahrungen mit historischen Zelten – befragt. Geantwortet haben vier Hersteller historischer Zelte und drei Nutzer. Den folgenden Ausführungen liegen neben den Antworten der Befragten die Homepages verschiedener historischer Zelthersteller sowie die E-mail-Diskussionen innerhalb der Gruppe der Zeltutzer zu Grunde.

5.2.3.1 Stoffanalyse

Die Untersuchung beschränkt sich auf textile Gewebeabfälle im Lebensweg professionell hergestellter historischer Zelte aus reinem Baumwollgewebe, wobei jedoch die textile Bodenabdeckung des Zeltes nicht berücksichtigt wird.

5.2.3.2 Strukturanalyse

Für die folgende Analyse der aus der Abfallperspektive relevanten textilen Stoffströme im Lebensweg des Baumwollzeltes wurden allein die Phasen Zeltherstellung und Gebrauch untersucht, da sie einen wesentlichen Einfluss auf die Masse und die Gefährlichkeit der textilen Abfälle für Mensch und Umwelt haben. Beispielsweise treffen Zelthersteller und Nutzer wichtige Entscheidungen zur Lebensdauer und zur chemischen Ausrüstung des Baumwollzeltes, die bei der Betrachtung der Abfallrelevanz entscheidend sind. Die Phasen Veredelung und Entsorgung wurden nicht explizit untersucht, einzelne Erkenntnisse zu diesen Phasen wurden bei der Untersuchung jedoch berücksichtigt. Die Ergebnisse der Analyse der Akteurskette, die ebenfalls zur Strukturanalyse zählt, wird nach der Quantifizierung der textilen Abfälle dargestellt.

In den untersuchten Lebenswegphasen des Baumwollzeltes fallen in der Phase der Zeltherstellung Zuschnittabfälle, in der Gebrauchsphase textile Reparaturabfälle und zerschlissene Gewebefasern und in der Nachgebrauchsphase das Altzelt als textiler Abfall an. Die in der vorliegenden Arbeit berücksichtigten textilen Abfälle sowie der Input, dessen Einfluss auf die textilen Abfälle hier einbezogen wurde, sind in Abb. 14 mit schwarzen vertikalen Pfeilen dargestellt. Die grauen vertikalen Pfeile stellen textile Abfälle und Input dar, die in der Untersuchung unberücksichtigt blieben. Mit den horizontalen Pfeilen ist der Produktstrom gekennzeichnet.

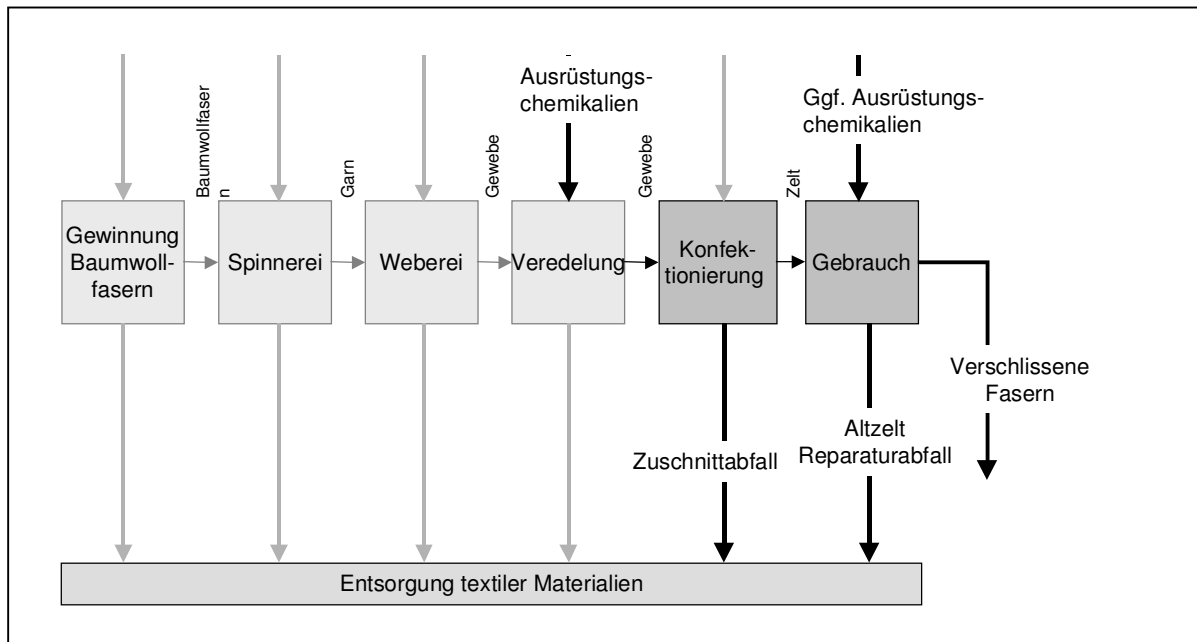


Abb. 14: Textile Abfallströme im Lebensweg des Baumwollzeltes

Die Zelthersteller verwenden in der Regel für den Zeltbau ein Gewebe, das mit Hilfe von Chemikalien hydrophob, biozid und flammhemmend ausgerüstet ist. Nur ein geringer Anteil der Baumwollzelte wird daneben auf Kundenwunsch aus chemisch nicht ausgerüstetem Gewebe hergestellt. Mit Ausnahme der textilen Abfälle im Lebensweg dieser Baumwollzelte, sind daher alle textilen Abfälle in den untersuchten Phasen mit Ausrüstungschemikalien behandelt. Die Veredelungsunternehmen geben die Art und Menge der für die Ausrüstung verwendeten Substanzen nicht bekannt.

Die Zuschnittabfälle enthalten die Ausrüstungschemikalien in der Anfangskonzentration, bei allen anderen textilen Abfällen ist die Konzentration der chemischen Ausrüstungschemikalien unbekannt. Sie ist abhängig insbesondere von der Haltbarkeit der chemischen Ausrüstung und dem Pflegeverhalten der Nutzer. So kann die chemische Ausrüstung bei falscher Behandlung des Zeltes zerstört und abgetragen/abgewaschen werden, was dazu führen kann, dass die Nutzer das Zelt eigenhändig chemisch ausrüsten (E-mail-Diskussionen der Nutzer).

Die vier befragten Zelthersteller gehen davon aus, dass die Haltbarkeit der industriell aufgebrauchten chemischen Ausrüstung bei richtiger Behandlung der Lebensdauer des Baumwollzeltes entsprechen kann und dass das Zelt daher nicht chemisch nachgerüstet werden muss. Da ein Großteil der Nutzer bemüht zu sein scheint, das Zelt schon auf Grund des hohen Preises – ein Zelt kostet je nach Modell zwischen 800 und 2.500 US-Dollar - den Empfehlungen der Hersteller entsprechend zu behandeln (E-mail-Diskussionen von Nutzern), ist es wahrscheinlich, dass das professionell ausgerüstete Baumwollzelt in der Regel von den Nutzern nachträglich nicht chemisch ausgerüstet werden muss. Es wird daher angenommen, dass die Konzentration der chemischen Ausrüstungschemikalien auf den verschlissenen Fasern, den Reparaturabfällen und dem Alttelt kleiner oder gleich der Anfangskonzentration ist.

5.2.3.3 Quantifizierung

Zur Abschätzung der Masse des textilen Abfallaufkommens in den untersuchten Lebenswegphasen wird zunächst ein repräsentatives Baumwollzelt ermittelt und sein Gewebegewicht bestimmt. Basierend auf diesen Angaben lassen sich der Anteil der Zuschnitt- und Reparaturabfälle und das Gewicht des Altzeltens errechnen. Die Masse der verschlissenen Fasern wird hier nicht bestimmt, da keine Angaben über den Faserverschleiß in Abhängigkeit von der Lebensdauer des Baumwollzeltes vorliegen. Es wird davon ausgegangen, dass die Summe aus dem Gewicht des Altzeltens und dem Gewicht der abgewetzten Fasern dem Gewicht des Neuzeltens entspricht.

Repräsentatives Baumwollzelt

Die Gewebemenge der einzelnen Baumwollzelte ist auf Grund der diversen Formen und Größen sehr unterschiedlich. Aus den Angaben von Nutzern und Herstellern ergeben sich folgende Größenbereiche, die der Auswahl des repräsentativen Zeltens zu Grunde gelegt werden: Die Zelte befragter Nutzer besitzen eine Grundfläche zwischen 10 und 20 m². Für drei Zeltformen aus dem Angebot eines der größeren Baumwollzelt Hersteller wurde jeweils für mindestens zwei Größenangaben das Verhältnis von verarbeiteter Gewebemasse zur Grundfläche des Zeltens errechnet. Es liegt im Bereich zwischen 2,6 und 4,3 kg/m².



Abb. 15: Abbildung des exemplarisch untersuchten Baumwollzeltes (Panthers Primitives 2002)

Auf der Grundlage dieser Intervalle wurde als repräsentatives Zelt eines aus dem Angebot des entsprechenden befragten Zeltherstellers ausgewählt. Es besteht aus einem zylinderförmigen Zeltkörper mit einem Radius von 2,1 m und einem kegelförmigen Zeltdach und besitzt eine Höhe von etwa 4 m und eine kreisförmige Grundfläche von 14 m². Das Verhältnis aus verarbeiteter Gewebemasse zur Grundfläche beträgt 3,6 kg/m². Für die Berechnung der verarbeiteten Gewebemasse wird berücksichtigt, dass schätzungsweise 10% der sichtbaren Gewebefläche in Nähten und Säumen verarbeitet ist. Damit ergibt sich, dass in dem Zelt insgesamt etwa 51 m² Gewebe verarbeitet sind. Das repräsentative Zelt ist in Abb. 15 dargestellt.

Das Flächengewicht des Baumwollgewebes, das einen Kompromiss zwischen guten Gebrauchseigenschaften und langer Lebensdauer darstellt (Information eines Konfektionärs 2000), beträgt nach Angaben der Zelthersteller in der Regel 300 g/m² zzgl. des Gewichts der Ausrüstung. Das Gewebe des repräsentativen Baumwollzeltes wiegt somit etwa 15,3 kg zzgl. der chemischen Ausrüstung. Auf der Basis dieser Angaben wird die Masse der textilen Abfälle im Lebensweg des Baumwollzeltes abgeschätzt.

Zuschnittabfall

Das Gewicht des Zuschnittabfalls ist von der Form des Zeltes abhängig. Borten und sonstige Verzierungen erhöhen die Menge an Zuschnittabfall. Die Zelthersteller gehen von einem Anteil des Zuschnittabfalls von 2 bis 10% aus. Hier wird ein durchschnittlicher Anteil an Zuschnittabfall von 6% angenommen. Bei der Herstellung des exemplarisch betrachteten Baumwollzeltes fallen somit etwa 1 kg bzw. 3,3 m² Zuschnittabfall an.

Reparaturabfall

Das Gewicht der Reparaturabfälle ist im Wesentlichen von der Qualität der Zelte sowie dem Pflege- und Entsorgungsverhalten der verantwortlichen Akteure abhängig. Diese Einflussfaktoren werden bei der Untersuchung der Lebensdauer des Zelttes in Punkt 5.2.6.1 ausführlich dargestellt. Hier sei kurz erwähnt, dass die untersuchten Baumwollzelte eine hohe Qualität besitzen, ausreichend gepflegt und in der Regel erst bei Gewebeverschleiß entsorgt werden. So sinkt die Masse des Reparaturabfalls pro Jahr und Zelt mit wachsender Qualität des Zelttes. Gleichzeitig steigt aber die Lebensdauer des Zelttes, was zu einer Zunahme an Reparaturabfällen pro Zelt und Lebensdauer führt. Im Folgenden wird geschätzt, dass der Anteil an textilem Gewebe aus Reparaturfällen über die gesamte Lebensdauer des Zelttes 3% des Zeltgewichtes beträgt. Das Gewicht des textilen Reparaturabfalls beträgt somit etwa 0,5 kg/Zelt.

Altzelt

Es wird angenommen, dass die Masse des exemplarisch betrachteten Gewebes des Altzeltes der des Neuzelttes entspricht. Somit wiegt das Altzelt ohne Berücksichtigung des Gewichtes der chemischen Ausrüstung 15,3 kg und umfasst eine Fläche von etwa 51 m².

In Tab. 10 ist die Masse der textilen Abfälle für ein einzelnes Zelt sowie für die in den USA jährlich professionell hergestellten Baumwollzelte dargestellt, unter der vereinfachenden Annahme, dass die Menge der jährlich hergestellten Baumwollzelte auch in etwa dem jährlichen Anfall an Altzelten entspricht.

Tab. 10: Masse der textilen Abfälle im Lebensweg des Baumwollzeltes

	Abfallmasse des repräsentativen Zeltes	Abfallmasse der in den USA hergestellten Zelte
Zuschnittabfall	1,0 kg	4,0 t
Reparaturabfall	0,5 kg	2,0 t
Altzelte	15,3 kg	61,2 t
Gesamt	16,8 kg	67,2 t

Im Lebensweg des Baumwollzeltes fallen etwa 1,0 kg Zuschnittabfall, 0,5 kg Reparaturabfall und 15,3 kg Abfall aus Altzelten an. Insgesamt sind das 16,8 kg textiler Abfall pro Zelt, die im Laufe der langen bis sehr langen Lebensdauer von 10 bis 25 Jahren entstehen. In den USA fallen im Lebensweg der professionell hergestellten Baumwollzelte jährlich etwa Zuschnittabfälle mit der Masse von 4,0 t, Reparaturabfälle mit der Masse von 2,0 t und Altzelte mit einer Masse von 61,2 t an.

5.2.4 Akteurskette

Als Teil der Strukturanalyse werden hier die Informationsströme zwischen den Akteuren, ihre Entscheidungen, die das Abfallaufkommen beeinflussen, und die Ursachen dieser Entscheidungen dargestellt.

5.2.4.1 Informationsströme

Zu den Akteuren im Lebensweg des Baumwollzeltes zählen landwirtschaftliche Unternehmen, die die Baumwolle anbauen, die Baumwollspinnerei, die Baumwollweberei, Veredelungsunternehmen, der Zelthersteller (Konfektionär), Nutzer und Unternehmen zur Sammlung und Beseitigung der textilen Abfälle sowie der Handel, der jedoch hier nicht berücksichtigt wird. Die Ergebnisse der Befragung von Herstellern und Nutzern historischer Baumwollzelte deuten auf große qualitative Unterschiede in den Informationsströmen zwischen einzelnen Akteuren hin. Auffällig ist besonders der geringe Informationsfluss zwischen den Zeltherstellern und den vorgelagerten Herstellungsstufen sowie der rege Informationsaustausch zwischen den Zeltherstellern und den Nutzern. In Abb. 16 sind die Informationsströme in den untersuchten Phasen des Lebensweges dargestellt.

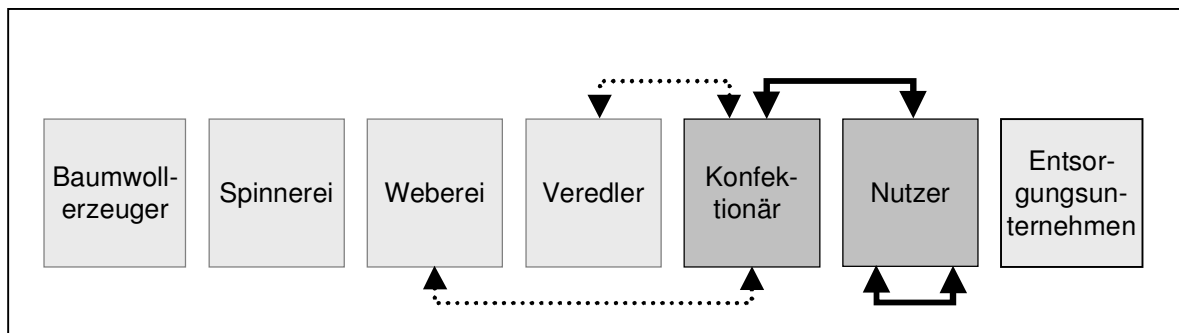


Abb. 16: Informationsströme zwischen den Akteuren der untersuchten Lebenswegphasen (Baumwollzelt)

Die Intensität des Informationsaustausches wird in der Abbildung durch die Breite der Linien dargestellt. Die nicht untersuchten Phasen sind hellgrau gezeichnet, die untersuchten Phasen dunkelgrau.

So geben die vier befragten Zelthersteller an, dass sie von der Baumwollweberei bzw. dem Gewebehandel kaum Informationen über die Herstellung des Baumwollgewebes wie die Qualität der Fasern oder die bei der Veredelung verwendeten Chemikalien und deren Eigenschaften erhalten. Übermittelt werden lediglich Informationen zur Faserart, zum Gewebegewicht und zur Art der Ausrüstung. Auch ein befragter Zelthersteller, der das Gewebe auftragsveredeln lässt, besitzt keine zusätzlichen Informationen über die chemische Zusammensetzung der Ausrüstung.

Dagegen äußern sich sowohl alle befragten Hersteller als auch sämtliche Nutzer sehr zufrieden mit dem gegenseitigen Informationsaustausch. Auch zwischen den Nutzern historischer Baumwollzelte findet ein reger Informationsaustausch statt. Sie kommunizieren unter anderem per E-mail oder bei den Treffen der "true-re-enactors".

5.2.4.2 Einfluss der Akteure auf das Abfallaufkommen

Im Folgenden werden die Akteursentscheidungen dargestellt, die sich erhöhend auf das textile Abfallaufkommen im Lebensweg des Baumwollzeltes auswirken. Die Akteursentscheidungen, die hier zu einer Reduzierung des textilen Abfallaufkommens führen, werden in Kapitel 5.2.6 ("Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung") dargestellt.

Zelthersteller

Die folgenden Entscheidungen der Zelthersteller erhöhen die Gefährlichkeit des Abfallaufkommens. Drei der vier befragten Hersteller raten in der Regel zur Wahl des Gewebes, das wasserabweisend, schimmel- und flammhemmend ausgerüstet ist, da der Pflegeaufwand geringer und die Sicherheit im Falle eines Brandes erhöht ist (Information eines Zeltherstellers 2000). Weiterhin entscheiden sie sich dafür, von den Anbietern des Gewebes keine genauen Informationen über die bei der Gewebeausrüstung verwendeten Chemikalien zu fordern, was beispielsweise auch durch das Aufstellen einer Positivliste möglich wäre. Bei den befragten Herstellern konnte kein kritisches Bewusstsein in Hinblick auf die öko- und humantoxikologische Relevanz der chemischen Ausrüstung festgestellt werden.

Zeltnutzer

Die Einflussmöglichkeiten der Zeltnutzer auf die Gefährlichkeit des Abfallaufkommens sind sehr begrenzt. Zwar entscheiden sie sich in der Regel für das chemisch ausgerüstete und gegen das unbehandelte Zeltgewebe, doch liegt in dieser Wahl auch ihre einzige Einflussmöglichkeit. Die Nutzer erhalten keine Informationen über die für die chemische Ausrüstung verwendeten Chemikalien und deren Wirkung auf Mensch und Umwelt. Sie können entsprechend auch keinen Einfluss nehmen auf eine Substitution oder die Vermeidung einzelner Appreturen.

5.2.4.3 Ursachen für Akteursentscheidungen

Die oben genannten Entscheidungen der Zelthersteller und –nutzer, die die toxikologische Relevanz des textilen Abfallaufkommens erhöhen, können folgende Ursachen haben:

So besitzt das unbehandelte Baumwollgewebe Eigenschaften wie die Wasserdurchlässigkeit, die Brennbarkeit und die Angreifbarkeit durch Mikroorganismen, die sich in der Anwendung als Zeltgewebe nachteilig auswirken. Sie können zur Zeit entweder durch ein größeres Flächen-gewicht oder eine chemische Ausrüstung abgemildert werden. Da ein größeres Flächen-gewicht den ohnehin nicht einfachen Aufbau des Baumwollzelttes (E-mail-Diskussionen der Zeltnutzer) erschweren würde, wählt ein Großteil der Hersteller und Nutzer bislang die chemische Ausrüstung des Zeltgewebes.

Bislang gibt es bei Zeltherstellern und Nutzern keine Diskussionen über die toxikologischen Eigenschaften der für die Ausrüstung verwendeten Chemikalien. Eine solche könnte die Nutzer sensibilisieren und die Zelthersteller dazu bringen, den Druck auf die vorgelagerten Akteure zu verstärken mit dem Ziel, Einfluss auf die chemische Ausrüstung des Gewebes zu nehmen.

Einzelne Zelthersteller, die geringe Gewebemengen verarbeiten, haben nur einen relativ klei-nen Einfluss auf die Gestaltung des Zeltgewebes und die Chemikalien, die für die Ausrüstung verwendet werden. Daneben sind ihre Einflussmöglichkeiten durch Vorschriften einzelner Bun-desstaaten eingeschränkt, nach denen alle Baumwollzelte eine flammhemmende Ausrüstung besitzen müssen.

5.2.5 Bewertung der textilen Abfälle

Die textilen Abfälle in den untersuchten Lebenswegphasen des Baumwollzelttes sind weniger auf Grund ihrer Menge, sondern insbesondere auf Grund ihrer Gefährlichkeit relevant. Sie wird verursacht durch die Chemikalien, mit denen das Gewebe hydrophob, flammhemmend und biozid ausgerüstet wird. Die für die chemische Ausrüstung verwendeten Chemikalien werden von den Veredelungsunternehmen geheim gehalten, es ergeben sich jedoch aus der Literatur Anhaltspunkte für ihre human- und ökotoxikologische Relevanz.

Während die Wirkung auf Gesundheit und Umwelt der für die Hydrophobierung verwendeten Stoffe wie Paraffin, fettsaure Metallsalze und fettmodifizierte Kunstharze nicht bekannt ist, wer-den die Stoffe, die für die flammhemmende und biozide Ausrüstung eingesetzt werden, als toxisch, allergen oder kanzerogen beschrieben. So werden für die flammhemmende Aus-rüstung des Gewebes anorganische und organische Phosphorverbindungen, Borverbindungen, organische Halogenverbindungen und Kombinationen von Phosphor- und Stickstoffverbin-dungen verwendet, die krebserregend und allergen sein können (Enquete-Kommission 1994). Auch für die Biozidausrüstung können toxische Verbindungen eingesetzt werden, beispiele-weise Ammoniumverbindungen mit Metallsalzen oder organische Zinnverbindungen (Enquete-Kommission 1994). Ein Hinweis auf humantoxikologische Wirkungen der flammhemmenden und bioziden Ausrüstung geben auch die Vergabekriterien des Textillabels „Öko-Tex 100“ des Forschungsinstitutes Hohenstein. Danach dürfen nur die Textilien mit dem Label aus-gezeichnet werden, die u. a. weder flammhemmend noch biozid ausgerüstet sind.

Bei der Bewertung der textilen Abfälle nehmen die in der Gebrauchsphase verschlissenen Fasern, die Ausrüstungschemikalien in unbekannter Konzentration enthalten, eine besondere Stellung ein. Sie werden nicht auf einer geregelten Deponie abgelagert oder verbrannt, sondern auf dem freien Feld „freigesetzt“ und gelangen so ungehindert in die Umwelt.

Es sei hier darauf hingewiesen, dass sich die Abfallrelevanz des Baumwollzeltes weiter erhöhen kann, wenn das Zelt unsachgemäß behandelt und seine chemische Erstausrüstung zerstört wird. Aus den Angaben der Nutzer wird deutlich, dass sie das Zeltgewebe dann in der Regel eigenständig chemisch ausrüsten. Zu den für die Nachrüstung zu verwendenden Chemikalien und deren Dosierung besteht bei den Nutzern relativ viel Unsicherheit. Teilweise werden eher ungeeignete Chemikalien in unterschiedlicher Dosierung verwendet. Zudem wird die Behandlung in der Regel „im Freien“ durchgeführt, wodurch das Grund- oder Abwasser belastet werden kann (E-mail-Diskussionen der Nutzer).

5.2.6 Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung

Im Lebensweg des Baumwollzeltes wurden die umgesetzten Strategien „Verlängerung der Lebensdauer“ und „Kreislaufführung“ identifiziert. Die Strategie der Kreislaufführung wird in Form der „Verwendung und Verwertung von Zuschnittabfällen und Altzelten“ realisiert. Für die Strategien werden im Folgenden die Entscheidungen einzelner Akteure sowie die Faktoren dargestellt, die die Umsetzung der Strategie hemmen oder fördern. Abb. 17 zeigt die realisierten Strategien zur Kreislaufführung.

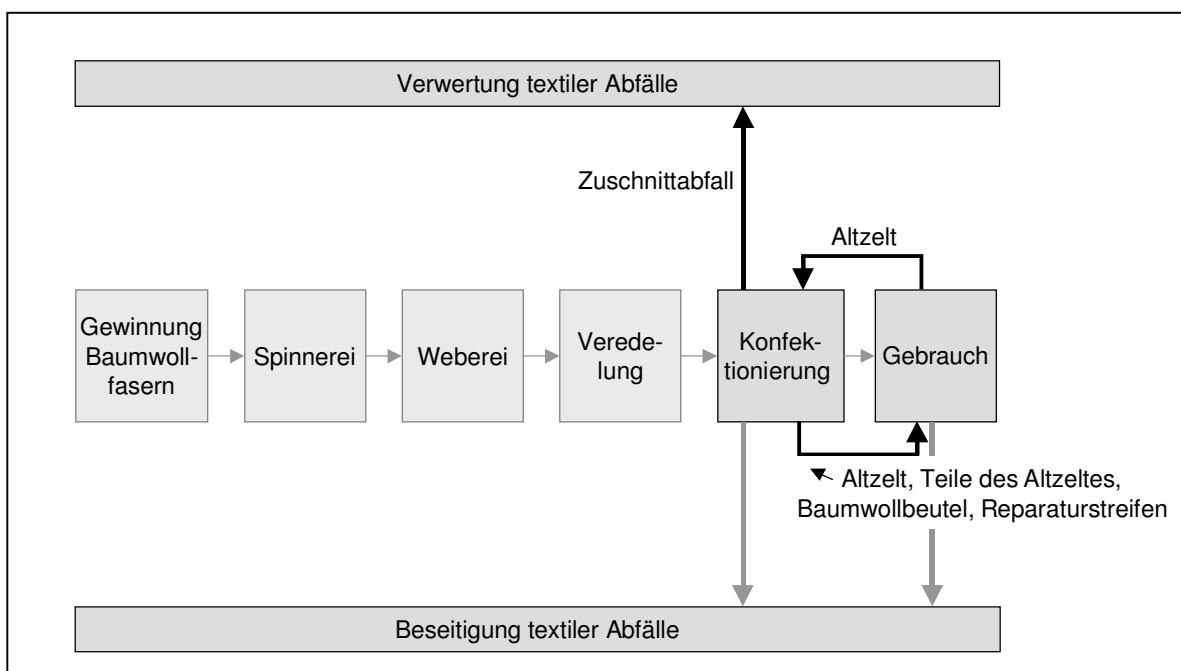


Abb. 17: Textile Abfallströme, die verwertet und verwendet werden

Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die textilen Abfallströme, die im Lebensweg des Baumwollzeltes verwertet oder verwendet werden, die grauen Pfeile stellen die textilen Abfallströme zur Beseitigung dar. Da mit den umgesetzten Kreislaufstrategien nur ein Teil der textilen Abfälle erfasst wird, existieren auch in diesen Phasen noch Abfallströme zur Beseitigung.

Die Art der Verwendung und Verwertung der mit schwarzen Pfeilen dargestellten textilen Abfälle wird in den Abschnitten 5.2.6.2 und 5.2.6.3 erläutert.

In Abbildung 18 sind die jährlichen Massenströme der textilen Abfälle in den Lebenswegphasen Konfektionierung, Gebrauch und Sammlung des Baumwollzeltes in den USA dargestellt. Der Abbildung liegen die Annahmen zu Grunde, dass 20% der textilen Zuschnittabfälle in der Konfektionierung sowie 5% der Altzelte verwertet und somit 80% der Zuschnittabfälle und 95% der Altzelte beseitigt werden.

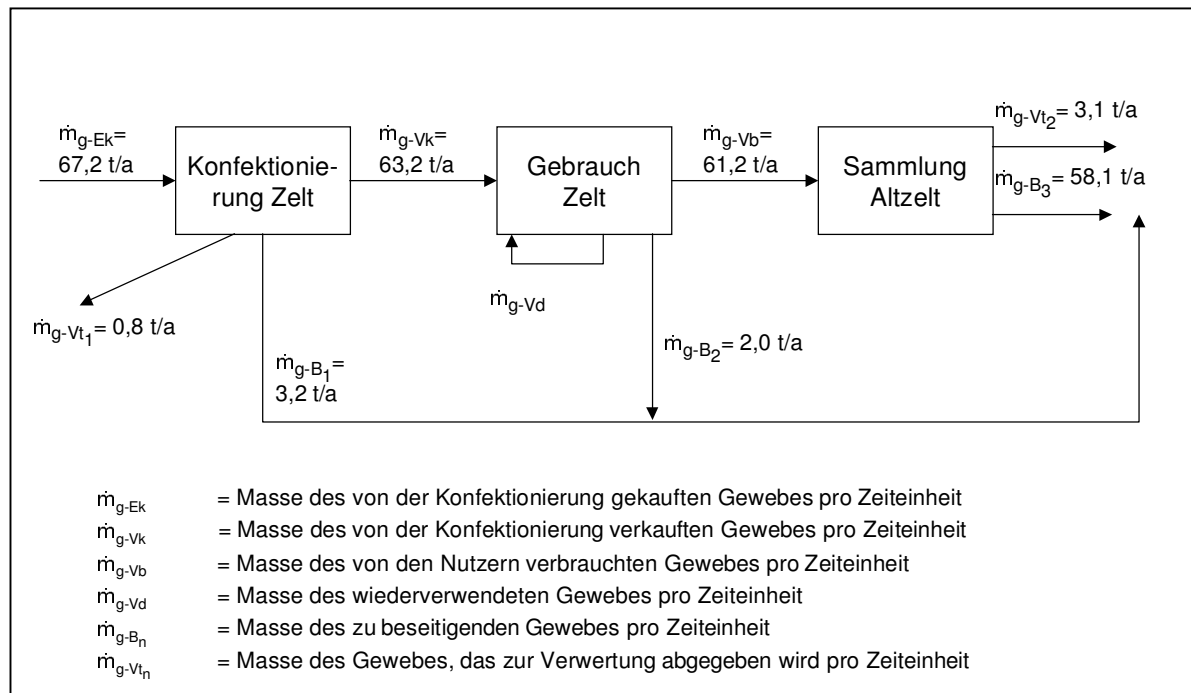


Abb. 18: Jährliche Massenströme der textilen Abfälle im Lebensweg des Baumwollzeltes in den USA

Aus der Abbildung ist erkennbar, dass nur ein kleiner Teil der textilen Abfälle (3,9 t) verwertet und verwendet, der Großteil mit einer Masse von 63,3 t jedoch beseitigt wird.

5.2.6.1 Verlängerung der Lebensdauer

Die Strategie der Verlängerung der Lebensdauer stellt im Lebensweg des Baumwollzeltes eine der wesentlichsten Strategien zur Abfallreduzierung dar, die eine große Reichweite besitzt. Im Folgenden werden zunächst Einflussfaktoren auf die Lebensdauer des Zeltes genannt. Anschließend werden die Entscheidungen der Hersteller und Nutzer dargestellt und einzelne Faktoren genannt, die die Umsetzung der Strategie fördern.

Grundannahmen und Einflussfaktoren

Die Antworten der befragten Hersteller und Nutzer zur Lebensdauer der Baumwollzelte sind dahingehend ähnlich, dass sie von einer hohen maximalen Lebensdauer ausgehen. Die befragten Zelthersteller schätzen die Lebensdauer ihrer Baumwollzelte auf maximal 10 bis 25 Jahre ein, die befragten Nutzer gehen von einer Lebensdauer von 20 bis 40 Jahren aus.

Der Mittelwert der von den Herstellern angegebenen Lebensdauer beträgt 11,5 Jahre, der der Nutzerangaben 30 Jahre. Die Angaben der befragten Hersteller und Nutzer ähneln sich auch dahingehend, dass sie für die Lebensdauer in der Regel nicht eine einzelne Jahreszahl, sondern ein relativ großes Intervall angeben, beispielsweise einen Zeitraum von 1 bis 10 Jahren. Dies verdeutlicht, dass die tatsächliche Lebensdauer des Baumwollzeltes stark abhängig ist von verschiedenen Einflussfaktoren, die von den einzelnen Akteuren unterschiedlich stark gewertet werden. Von den befragten Akteuren werden folgende Einflussfaktoren auf die Lebensdauer des Baumwollzeltes in der Befragung genannt oder auf den Homepages erwähnt.

Einflussfaktoren in der Herstellungsphase:

- Qualitätsorientierung
- Direkte Kommunikation zwischen Herstellern und Nutzern als Grundlage für die Umsetzung hoher Qualitätsmaßstäbe

Einflussfaktoren in der Gebrauchsphase:

- Pflegeverhalten der Nutzer
- Serviceleistungen der Hersteller
- Kommunikation zwischen Nutzern
- Jährliche Nutzungsdauer
- Klima
- Entsorgungsverhalten der Nutzer

Nachfolgend werden die Entscheidungen einzelner Akteure genannt, die Einfluss auf die oben genannten Faktoren haben. Der Einflussfaktor „Klima“, der von den Akteuren nicht beeinflusst werden kann und der Einflussfaktor jährliche Nutzungsdauer, die etwa 3 - 7 Wochen beträgt, bleiben hierbei unberücksichtigt.

Entscheidungen einzelner Akteure

Zelthersteller

Zahlreiche Hinweise, die im folgenden genannt werden, lassen darauf schließen, dass sich die Hersteller für eine Verlängerung der Lebensdauer der Baumwollzelte entscheiden.

Die **Qualität** des Baumwollzeltes kann nach der Qualität des Gewebes (z.B. Reißfestigkeit, Art der Ausrüstung), der Qualität der Verarbeitung (z.B. Stabilität der Nähte) und der Qualität der Konstruktion (z.B. Gewebespannung einfach und dauerhaft herstellbar - ungespanntes Gewebe bewegt sich bei Wind, im Gewebe eingelagerte Schmutzkörner reiben an der Faser und schwächen diese irreversibel) beurteilt werden. Während die Zelthersteller einen großen Einfluss auf die Verarbeitung und die Konstruktion haben, ist ihr Einfluss auf das Zeltgewebe begrenzt.

Sie können in der Regel nur zwischen dem angebotenen Gewebe auswählen, wobei sie auf die Verwendung von Naturfasern festgelegt sind. Folgende Entscheidungen der Zelthersteller belegen, dass sie im Rahmen ihrer Möglichkeiten versuchen, das Zelt in einer hohen Qualität herzustellen:

- Die Hersteller verbessern die Konstruktion und Verarbeitung der Zelte kontinuierlich. Sie greifen die Qualitätsorientierung der Nutzer auf und bieten ihnen durch ihre mündlichen oder schriftlichen Informationen zur Qualität des Produktes Entscheidungshilfen.
- In der Regel bieten die Zelthersteller eine Garantie von 3 bis 5 Jahren auf die Funktion des ausgerüsteten Zeltgewebes sowie eine Garantie von 5 Jahren für Schäden in der Verarbeitung. Einer der vier befragten Hersteller übernimmt sogar eine lebenslange Garantie.
- Einer der größeren Zelthersteller kauft unbehandeltes Gewebe ein und lässt es auftragsveredeln, um seinen Einfluss auf die Veredelung des Gewebes zu erhöhen und somit die Qualität der Veredelung zu verbessern. Die kleineren Zelthersteller kaufen hochwertig ausgerüstetes Gewebe, bei dem die Lebensdauer der Ausrüstung der des Gewebes entsprechen soll. Zwei der vier befragten Zelthersteller besitzen Testanlagen, in der Gewebekammern der Witterung ausgesetzt werden. Hier werden Untersuchungen zur Farbfestigkeit, Wasserdichtigkeit und Schimmelresistenz des Gewebes in Abhängigkeit vom Flächengewicht und der Ausrüstung durch geführt.

In den Befragungen wurde die Bedeutung der **direkten Kommunikation** für die Verlängerung der Lebensdauer des Baumwollzeltes deutlich. Die Hersteller unterstrichen, dass sie auf die Erfahrung der Nutzer angewiesen sind, um die Lebensdauer der Baumwollzelte zu verlängern bzw. das Zelt qualitativ hochwertig zu gestalten. Sie gaben an, dass sie die Kunden nach ihren Erfahrungen mit dem Zelt in der Gebrauchsphase befragen und die Konstruktion und Verarbeitung auf Grund dieser Informationen verbessern. Die Hersteller befragen die Nutzer bei persönlichen Kontakten beispielsweise bei den regelmäßigen Treffen der Nutzer, bei denen in der Regel auch Zelthersteller aus Werbe- und Verkaufszwecken anwesend sind. Einer der befragten Hersteller verschickt spezielle Karten, um sich über die Erfahrungen der Kunden zu informieren.

Die Konstruktion und Verarbeitung der Zelte wird von den befragten Zeltherstellern auch durch die Nutzung des Wissens früherer Zelthersteller optimiert. Mehrere Hersteller äußern sich in dem Sinne, dass sie „das Rad nicht neu erfinden wollen“ und beziehen wichtige Informationen für die Konstruktion und die Verarbeitung der Zelte aus historischen Vorlagen, die sie in Museen, Büchern und auf alten Bildern finden.

Zu den **Serviceleistungen** des Herstellers zählen der Reparaturservice, die Weitergabe von Informationen zur Behandlung und Pflege des Zelttes, die Bereitschaft des Herstellers kontinuierlicher Ansprechpartner zu sein und die Berücksichtigung individueller Wünsche der Nutzer:

- Zwei der befragten Zelthersteller bieten einen kostenlosen Reparaturservice an, der von einem der beiden Hersteller an die Voraussetzung einer sorgfältigen Pflege des Zelttes geknüpft ist.

Die Zelthersteller übermitteln Informationen zur Behandlung und Pflege der Zelte in der Gebrauchsphase über Informationsblätter, die dem Neuprodukt beiliegen oder über ihre Kataloge und Homepages. Die befragten Nutzer äußerten sich zufrieden zum Kontakt und dem Informationsaustausch mit den Herstellern.

- Die Zelthersteller stehen den Nutzern als Ansprechpartner bei Fragen oder Problemen, die das Zelt betreffen, langfristig zur Verfügung. Sie sind sowohl auf einzelnen Treffen der Nutzer präsent und ansprechbar als auch an ihren Produktionsstandorten. In den E-mail-Diskussionen der Nutzer finden sich Hinweise darauf, dass sich diese bei Unklarheiten zur Behandlung des Zeltens an die Hersteller wenden.
- Die Hersteller gehen auf individuelle Wünsche der Nutzer zur Konstruktion, Form, Farbe und Größe des Zeltens ein. In den Diskussionen der Zeltnutzer lassen sich Hinweise finden, dass die Nutzer das Zelt auch auf Grund der individuellen Gestaltung als persönlichen Wertgegenstand sehen und daher den Pflegeaufwand erhöhen und somit auch die Lebensdauer verlängern.

Zeltnutzer

Hinweise aus den Befragungen lassen darauf schließen, dass sich auch die Nutzer für die Verlängerung der Lebensdauer entscheiden. So lässt sich die Gruppe der Nutzer durch ihre **Qualitätsorientierung** kennzeichnen. Alle befragten Nutzer nannten die Qualität des Baumwollzeltes als ein wesentliches Kriterium für ihre Kaufentscheidung.

Daneben investieren die befragten Nutzer diverse **Pflegeleistungen** in das Zelt, stopfen beispielsweise Löcher, trocknen das Gewebe nach der Nutzung, waschen es regelmäÙig, nehmen kleinere Reparaturen vor und beeinflussen damit die Nutzungsdauer des Zeltens entscheidend. Unter Berücksichtigung der Größe und Unhandlichkeit des Zeltgewebes stellt beispielsweise das Trocknen und das regelmäßige Waschen, bei dem Schmutzkörnchen vom Zeltgewebe entfernt werden, eine zeitlich und räumlich anspruchsvolle Pflegetätigkeit dar.

Die Nutzer **kommunizieren** über ihre Erfahrungen, die sie bei der Nutzung der Baumwollzelte machen, sowohl mit den Zeltherstellern (s.o.) als auch mit anderen Nutzern. Sie haben dazu beispielsweise bei ihren regelmäßig stattfindenden Treffen und in den per E-mail geführten Diskussionen Gelegenheit.

Entsorgt wird das Zelt in der Regel erst dann, wenn das Gewebe verschlissen ist. Sollte es noch nicht verschlissen sein, wenn sich der Nutzer ein neues Zelt kauft, wird das gebrauchte und funktionstüchtige Zelt an andere Nutzer verschenkt oder verkauft (Informationen von Nutzern 2000).

Fördernde Faktoren

Bei der Untersuchung der Abfallreduzierungsstrategie „Verlängerung der Lebensdauer“ wurden nur fördernde Faktoren ermittelt. Zu ihnen zählen sowohl die oben genannten Faktoren, die die Lebensdauer beeinflussen, als auch weitere Ursachen und Rahmenbedingungen, die im Folgenden erläutert werden. Die fördernden Faktoren sind in Abb. 19 dargestellt.

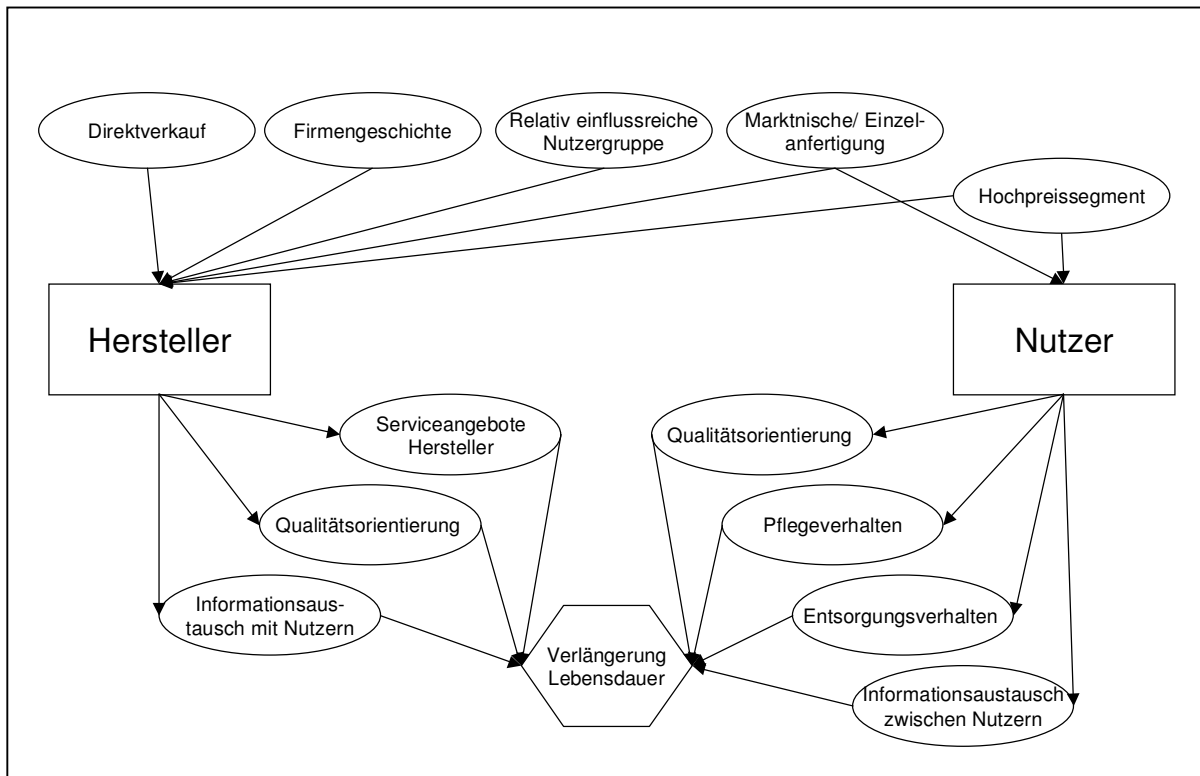


Abb. 19: Fördernde Faktoren für die Umsetzung der Strategie „Verlängerung der Lebensdauer“

Eine positive Rahmenbedingung für die Verlängerung der Lebensdauer des Baumwollzeltes ist die Lage der Zeltherstellung in einer Marktnische. Da die Nachfrage nach historischen Baumwollzelten eher gering ist, sind die befragten Hersteller kleinere Unternehmen, die jährlich maximal einige Hundert Baumwollzelte herstellen und verkaufen. Die Zelte werden in zeitlich aufwendigen Einzelanfertigungen hergestellt, die hohe Herstellungskosten und relativ hohe Zeltpreise bis etwa 2.500 US-Dollar nach sich ziehen (**Hochpreissegment**). Der hohe Zeltpreis ist eine Ursache dafür, dass die Hersteller die Lebensdauer des Zeltes in der Gebrauchsphase durch zahlreiche Serviceangebote verlängern. Der Zeltpreis ist auch eine Ursache für den hohen Pflegeaufwand, den die Nutzer in der Gebrauchsphase in das Zelt investieren und eine Ursache dafür, dass das Zelt erst dann beseitigt wird, wenn es zerschissen ist, da es sonst an weitere Nutzer abgegeben oder verkauft wird. Die **Einzelanfertigung** der Baumwollzelte ist eine der Voraussetzungen dafür, dass die Hersteller auf individuelle Wünsche der Nutzer wie beispielsweise eine besondere Farbkombination der Gewebekombi reagieren können und dass zahlreiche Zeltmodelle zur Auswahl angeboten werden können.

Alle befragten Hersteller waren ursprünglich Nutzer von Baumwollzelten und haben in der Regel mit der Herstellung von Zelten begonnen, weil auf dem Markt ein entsprechendes Angebot an historischen Baumwollzelten fehlte. Dies kann eine der Ursachen für die Qualitätsorientierung der Hersteller sein. Die Herkunft der Hersteller aus der Nutzergruppe vereinfacht den Kontakt zwischen Nutzern und Herstellern und ist möglicherweise auch eine Voraussetzung für die Haltung der Hersteller, dass ihre Baumwollzelte verbesserungsfähig sind (**Firmengeschichte**).

Durch den **Zusammenschluss der Nutzer** in kleinen Gruppen oder Organisationen gewinnen sie an Einflussmöglichkeiten auf die Gestaltung der Zelte. Eine ihrer wesentlichen Forderungen ist beispielsweise die nach authentischem Material.

Der **Direktverkauf** des Baumwollzeltes – ein Großteil der Zelte wird von den befragten Zeltherstellern ohne Zwischenhändler verkauft – wirkt sich unterstützend auf die Kommunikation zwischen Herstellern und Nutzern aus.

5.2.6.2 Wieder- und Weiterverwendung der Zuschnittabfälle

Drei der vier Zelthersteller verwenden einen Teil der Zuschnittabfälle für den Zeltbau und für andere Anwendungsbereiche. Sie geben dafür folgende Alternativen an:

- Herstellung von Baumwollbeuteln durch die Zelthersteller,
- Wiederverwendung zur Reparatur von Baumwollzelten durch die Zelthersteller oder die Nutzer,
- Weiterverwendung außerhalb des untersuchten Lebensweges in einer Schule zur Herstellung von Kunstobjekten.

Es ist anzunehmen, dass nur ein kleiner Teil der Zuschnittabfälle in den von den Herstellern genannten Absatzbereichen verwendet werden kann. Ein Großteil der Zuschnittabfälle wird aus kleineren Gewebeflächen bestehen, die sich nicht zur Herstellung von Baumwollbeuteln oder zur Reparatur der Zelte eignen. Zudem erscheint die Anzahl an absetzbaren Baumwollbeuteln eher gering und Reparaturen im Lebensweg des Baumwollzeltes sind auf Grund der hohen Qualität selten. Auch die Menge der Zuschnittabfälle, die von einer Schule weiterverwendet werden können, ist wahrscheinlich begrenzt.

Hemmende und fördernde Faktoren

Folgende Faktoren haben einen hemmenden oder fördernden Einfluss auf die Umsetzung der Strategie: Fördernd wirkt sich aus, dass im Hochpreissegment der Baumwollzelte auch das Gewebe der Zuschnittabfälle noch einen gewissen Wert hat. Daher versuchen die Hersteller es so gewinnbringend wie möglich zu verwenden.

Die Verwendung in der Produktlinie wird durch den direkten Kontakt zwischen Herstellern und Nutzern gefördert, da die Zelthersteller die Möglichkeit haben, Zuschnittabfälle bei Bedarf in Form von Reparaturstreifen direkt an die Nutzer abzugeben. Durch die Abgabe der Reparaturstreifen wird gleichzeitig die Kundenanbindung gestärkt. Da die Hersteller die Verantwortung für die Gebrauchsphase übernommen haben, können sie einen Teil der Zuschnittabfälle für selbst durchgeführte Reparaturen verwenden.

Die Verwendung außerhalb der Produktlinie wird möglicherweise gehemmt durch die Form der Gewebeabfälle und die unbekanntes chemische Zusammensetzung der Ausrüstung.

5.2.6.3 Wieder- und Weiterverwendung der Altzelte

Einer der vier befragten Hersteller nimmt die Baumwollzelte nach der Gebrauchsphase zurück und verwendet sie nach Möglichkeit weiter, er übernimmt also die Verantwortung für die Nachgebrauchsphase. Für die Verwendung des Altzeltes bieten sich dem Hersteller folgende Möglichkeiten:

- Wiederverwendung des Zelttes. Das Zelt wird an Nutzer verkauft falls es noch funktions-tüchtig ist.
- Wiederverwendung von Teilen des Altzeltes, die noch nicht verschlissen sind, für die Herstellung von Teilen in Neuzelten mit weniger hohen Anforderungen wie beispielsweise der Bodenabdeckung oder für die Reparatur von noch funktionstüchtigen Zelten.
- Weiterverwendung des Zelttes in der Filmindustrie.

Es ist anzunehmen, dass der Anteil der zurückgenommenen Zelte, die von dem Zelthersteller wieder- und weiterverwendet werden können, gering ist. Ein Beleg dafür ist die Aussage der Nutzer, dass sie das Zelt erst bei Gewebeverschleiß entsorgen. Das verschlissene Zeltgewebe kann nur noch in vereinzelt Marktnischen, wie der Verwendung als Filmkulisse eingesetzt werden. Ein weiterer Beleg dafür ist, dass nur einer der befragten Zelthersteller die Altzelte zurücknimmt.

Hemmende und fördernde Faktoren

Auch das Altzelt kann noch einen gewissen Wert besitzen, durch den eine gewinnbringende Wiederverwendung ermöglicht wird. Ein Faktor, der die Wiederverwendung der gebrauchten Zelte fördert, ist der direkte Kontakt zwischen Herstellern und Nutzern.

Unabhängig von der tatsächlichen Verwendung der Altzelte durch die Zelthersteller stärkt die Rücknahme der gebrauchten Zelte möglicherweise die Kundenanbindung. Die Nutzer, die ihr Altzelt an den Hersteller zurückgeben, kaufen hier unter Umständen auch ihr Neuzelt.

Hemmend wirkt sich aus, dass die Rücknahme des Zelttes mit einem gewissen Risiko verbunden ist. Eine Wiederverwendung ist abhängig vom Zustand des Altzeltes. Da die Nutzer angeben, das Baumwollzelt erst bei Verschleiß zu entsorgen bzw. es sonst an andere Nutzer abzugeben, wird der Anteil der nicht verschlissenen Altzelte, die an den Hersteller zurückgegeben werden, gering sein.

5.2.7 Diskussion der Ergebnisse „Baumwollzelt“

Am Fallbeispiel Baumwollzelt sind erste Ansätze für einen Übergang von der Produktions- zur Servicegesellschaft erkennbar. Die Service- oder Performancegesellschaft zeichnet sich durch ein im Vergleich zur Produktionsgesellschaft anderes Wirtschaften mit materiellen Gütern aus und äußert sich beispielsweise im Verkauf des Nutzens statt des Produktes (Stahel 2001). Das Baumwollzelt wird zwar noch für den Einzelbesitz produziert, der Zelthersteller bietet jedoch zahlreiche produktorientierte Serviceleistungen in der Gebrauchsphase an, die die Lebensdauer des Zelttes verlängern.

Die Untersuchung des Lebensweges ergab, dass die Abfallrelevanz des Fallbeispiels Baumwollzelt weniger in der Abfallmasse, sondern auf Grund der chemischen Ausrüstung des Gewebes vor allem in der Gefährlichkeit der Abfälle liegt. Sämtliche in den untersuchten Phasen anfallenden textilen Abfälle enthalten, mit Ausnahme der textilen Abfälle unbehandelter Zelte, Ausrüstungschemikalien. Die Veredlungsunternehmen geben die Konzentration und Art der verwendeten Chemikalien nicht bekannt, auf Grund der verwendeten Stoffgruppen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sie sowohl öko- als auch humantoxikologisch bedenklich sind. Auffällig ist das Desinteresse der Zelthersteller und der Zeltutzer an der für die Ausrüstung der Zelte verwendeten Chemikalien. Selbst ein Zelthersteller, der das Gewebe auftragsveredeln lässt, nutzt seine Position nicht, um Einfluss auf die verwendeten Chemikalien zu nehmen.

Drei von vier befragten Herstellern empfehlen den Nutzern den Kauf des chemisch ausgerüsteten Zelt. Es ist anzunehmen, dass hier ein Zusammenhang mit der Produktverantwortung besteht, die die Hersteller für die Zelte in der Gebrauchsphase übernehmen. Das chemisch ausgerüstete Zelt ist im Vergleich zum unbehandelten Zelt wesentlich pflegeleichter und erhöht somit nicht nur die Kundenzufriedenheit sondern verringert auch den Arbeitsaufwand der Hersteller.

Ein weiteres Ergebnis ist, dass die chemische Ausrüstung die Lebensdauer des Baumwollzeltes verlängert, indem sie die Kundenzufriedenheit in Bezug auf das Aussehen des Zelt erhöht, da das chemisch ausgerüstete Gewebe länger hell bleibt, weniger Schimmelflecken zeigt und den Pflegeaufwand reduziert. Im Lebensweg des Baumwollzeltes wird ein Zielkonflikt zwischen den Strategien der Effizienz und der Konsistenz sichtbar. Während die chemische Ausrüstung die Lebensdauer des Zelt und damit die Effizienz erhöht, vergrößert sie gleichzeitig die Gefährlichkeit der textilen Abfälle. Wegen der Gefährlichkeit der Ausrüstungschemikalien erscheint die kürzere Lebensdauer des Zelt – auf Grund der fehlenden chemischen Ausrüstung oder der Verwendung weniger effektiver Ersatzstoffe – im Vergleich zum langlebigen, chemisch ausgerüsteten Zelt als ökologisch vorteilhafter, zumal das nicht chemisch ausgerüstete Zelt theoretisch kompostiert werden kann.

Es ist davon auszugehen, dass die Strategie der Kreislaufführung im Lebensweg des Baumwollzeltes nur begrenzt umgesetzt werden kann, da das zerschlossene Altzelt nicht sinnvoll in technischen Kreisläufen geführt werden kann. An den Stellen, in denen eine Umsetzung sinnvoll ist, stellt der direkte Kontakt zwischen Herstellern und Nutzern einen wichtigen Faktor für die Realisierung der Strategie dar. Gleiches gilt für die Umsetzung der Strategie der Verlängerung der Lebensdauer, die wesentlich auf der Kommunikation zwischen Herstellern und Nutzern beruht.

5.3 Fallbeispiel Sicherheitsgurtband

5.3.1 Produktkunde

Das Sicherheitsgurtband eines Personenkraftwagens ist Bestandteil des Rückhaltesystems Sicherheitsgurt. Das Gurtband hat die Aufgabe, die Vorwärtsbewegung der Autoinsassen bei einem Unfall oder einem Bremsvorgang zu begrenzen und ist daher wesentlich für die Sicherheit der Insassen im Auto. Das Gurtband muss in der gesamten Lebensdauer des Kraftfahrzeugs, die durchschnittlich etwa 12 bis 15 Jahre beträgt, funktionstüchtig sein (Information eines Autoherstellers 2000). Die Anforderungen an das Gurtband sind entsprechend hoch. Es existieren gesetzliche Vorschriften für die Eigenschaften, die ein Gurtband aufweisen muss, die durch Anforderungen der Hersteller ergänzt und in der Regel verschärft werden. Die vorgeschriebenen Eigenschaften des Bandes betreffen die Bandbreite, die Reißkraft, die Mindestreißfestigkeit nach Scheuerung sowie die Beständigkeit bei Licht, Kälte, Wärme und Feuchtigkeit. Das Band wurde in den letzten 30 Jahren kontinuierlich weiterentwickelt.

Ein Großteil der Gurtbänder besteht zur Zeit aus hochfestem Polyester. Nur wenige Bänder werden daneben noch aus Polyamid hergestellt. Das Polyesterband wird aus hochverstreckten Multifilamentgarnen hergestellt, die jeweils aus etwa 200 Einzelfilamenten bestehen. Die hohe Festigkeit wird durch eine hohe Orientierung der Makromoleküle entlang der Filamentlängsachse erreicht (Koch 1993). Für das Band werden etwa 400 Kettfäden verwoben (Information einer Weberei 2000). Polyester zeichnet sich u.a. durch eine hohe Reißfestigkeit, eine sehr gute Scheuerbeständigkeit, eine hohe Beständigkeit gegenüber einer großen Anzahl von aggressiven Chemikalien, insbesondere Säuren, und eine sehr gute Beständigkeit gegenüber biologischen Verrottungseinflüssen aus (Koch 1993).

Die Gurtbänder unterscheiden sich in der Regel in der Dicke, der Farbe, der Art der Bindung², der Dehnung und der Art der Kante (Informationen einer Weberei und eines Autoherstellers 2000). Der Trend geht bei Gurtbändern nach Ansicht von Experten hin zu einem dünneren Band, zu mehr Farbe und Design (Information eines Autoherstellers 2000). Neben schwarzen Gurtbändern werden auf dem deutschen Markt bereits graue und beige Farbtöne und in Zukunft mit großer Wahrscheinlichkeit neben buntgefärbten auch bedruckte Bänder angeboten. Im Vergleich mit japanischen oder US-amerikanischen Personenkraftwagen werden von deutschen Autoherstellern bislang noch besonders häufig schwarze Bänder eingesetzt. 80% der vom europäischen Markt zur Zeit verwendeten Gurtbänder sind schwarz, die restlichen 20% bunt gefärbt – in der Regel in grauen und braunen Farbtönen (Information einer Weberei 2000).

Das Gurtband nimmt an der Wertschöpfung des Sicherheitsgurtes eine untergeordnete Stellung ein. Ein Gurtband kostet den Autohersteller zwischen 1,60 und 2,30 Euro (Information eines Systemherstellers 2000). Nach Schätzungen wurden weltweit im Jahr 2000 fast 36.000 Tonnen Gurtband hergestellt.

² Die Art nach der die Fasern und Fäden im Textil gekreuzt werden, wird als Bindung bezeichnet.

Das sind etwa 0,3% der Gesamtmasse an Technischen Textilien³, die im Jahre 2000 produziert wurden.

5.3.2 Lebensweg des Gurtbandes

Zu der textilen Hauptlinie des Sicherheitsgurtbandes zählen die Phasen Rohstoffgewinnung, Polyesterherstellung, Spinnerei, (Band-)Weberei, Systemherstellung, Autoherstellung, Gebrauch, Altautoverwertung und Beseitigung. In Abb. 20 sind die Lebenswegphasen mit dem Produktstrom dargestellt. Die in der vorliegenden Arbeit genauer untersuchten Phasen sind dunkelgrau schattiert, die nicht untersuchten Phasen sind hellgrau hinterlegt.

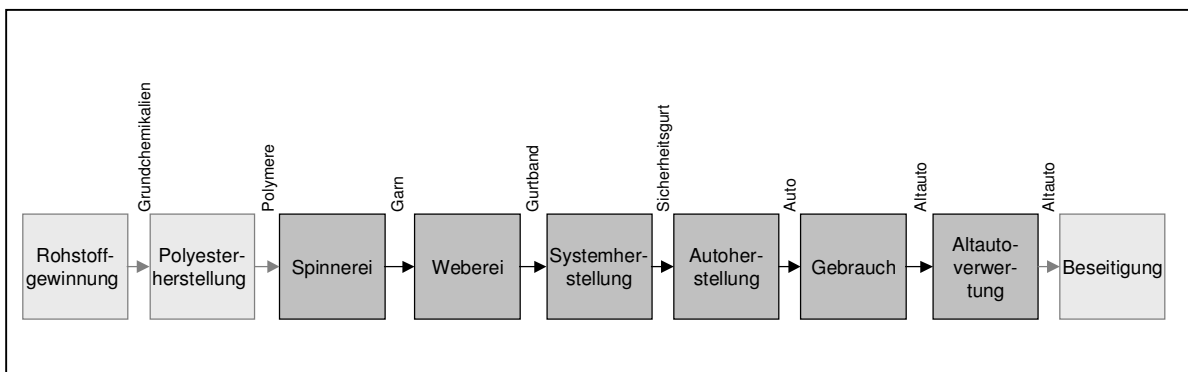


Abb. 20: Hauptlinie der textilen Kette (Sicherheitsgurtband)

Zu der Phase der **Rohstoffgewinnung** zählt die Förderung und die Raffination von Erdöl, durch die Naphtha gewonnen wird. Aus Naphtha werden die Grundprodukte für die Polyesterherstellung wie Diethylenglykol und Terephthalsäure hergestellt. An der Phase der Rohstoffgewinnung können ein oder mehrere Unternehmen beteiligt sein. In der Phase der **Polyesterherstellung** wird durch Polykondensation aus den oben genannten Ausgangsstoffen Polyethylenterephthalat (Polyester) hergestellt (Koch 1993). In der **Spinnerei** wird zunächst hochfestes Polyesterfilament ersponnen, aus dem dann Polyester-multifilamentgarn hergestellt wird.

Die Gurtbänder werden in spezialisierten **Gurtbandwebereien** kontinuierlich in Form von Endlosbändern hergestellt, ggf. gefärbt und mechanisch sowie zum Großteil auch chemisch ausgerüstet. Zunächst wird das Polyester-garn zu Band verwebt, wobei für die Kett- und Schussfäden unterschiedliches Garn verwendet werden kann. Die Kettfäden können beispielsweise eine Feinheit von etwa 1.200 dtex⁴, die Schussfäden eine Feinheit von etwa 600 dtex besitzen (Information einer Weberei 2000).

³ Weltweit wurden nach Schätzungen im Jahr 2000 11,3 Millionen Tonnen Technische Textilien hergestellt. Davon werden etwa 2,2 Millionen Tonnen im Fahrzeugbau verwendet (vgl. Rigby 1997).

⁴ Zur Darstellung der Feinheit von Fäden wird u.a. das Gewicht des Fadens bezogen auf die Länge angegeben. 1 dtex = 0,1 tex = 0,1 g/ 1000 m

Im direkten Anschluss an den Webvorgang wird das Band – soweit es nicht aus spinngefärbtem Garn besteht – durch ein Färbebad gezogen und ober flächengefärbt. Bei der folgenden mechanischen Ausrüstung, der Thermofixierung, wird das Band durch Heißluft geschrunpft oder gestreckt und so in Abhängigkeit vom verwendeten Polyestergerarn auf eine in den Technischen Lieferbedingungen des Autoherstellers vorgegebene Dehnung gebracht. Abschließend wird ein Teil der Bänder – den Spezifikationen der Autohersteller entsprechend – chemisch ausgerüstet (beschichtet). Ein Teil der Autohersteller verzichtet auf die chemische Ausrüstung der Bänder. Das Band wird getrocknet und optisch auf Fehler kontrolliert. Bandbereiche, die nicht optimal gewebt oder gefärbt sind, werden zunächst mit einem metallbeschichteten Klebestreifen gekennzeichnet. Diese Bereiche werden in der Kontrolle ausgeschnitten und die jeweiligen Bandreste mit einem weiteren metallbeschichteten Klebestreifen zusammengeklebt. In Abhängigkeit von den Lieferbedingungen des Systemherstellers wird das Gurtband direkt geschnitten oder auf Rollen mit einem Durchmesser von etwa 1,50 m aufgerollt. Die Systemhersteller akzeptieren pro Rolle in der Regel maximal zwei bis drei ehemalige Fehlstellen, sichtbar an den metallbeschichteten Klebestreifen, die die Gurten verbinden.

In der **Systemherstellung** wird das Gurtband zusammen mit den anderen Gurtbestandteilen zum Sicherheitsgurt zusammengesetzt, der anschließend in der **Autoherstellung** in das Auto eingebaut wird. Der Autoherstellung folgt der **Gebrauch**, in dessen Verlauf das Band keine spezielle Pflege benötigt.

In der **Autoverwertung** wird ein Teil der Gurtbänder herausgeschnitten und zur Weiterverwendung abgegeben oder zusammen mit dem Gurtsystem zur Wiederverwendung ausgebaut. Die Gurte, die nicht ausgebaut oder herausgeschnitten werden, werden zusammen mit dem Auto gepresst und geschreddert und in Form der Schredderleichtfraktion verbrannt oder deponiert⁵.

5.3.3 Stoffstromanalyse des textilen Abfallaufkommens

In der folgenden Stoffanalyse wird zunächst abgegrenzt, welche Stoffströme untersucht wurden. Anschließend wird in der Strukturanalyse dargestellt, welche Lebenswegphasen untersucht wurden und welche textilen Abfälle in diesen Lebenswegphasen anfallen. Sie werden im Anschluss quantifiziert. Die Darstellung der Akteurskette, die ebenfalls zur Strukturanalyse zählt, folgt in Punkt 5.3.4. Für die Untersuchung wurden Akteure in den einzelnen untersuchten Phasen schriftlich oder mündlich befragt. Dazu zählen Mitarbeiter zweier Spinnereien, einer Weberei, eines Systemherstellers, zweier Autohersteller sowie mehrerer Autoverwertungs- und Recyclingunternehmen.

⁵ Die Deponierung der Schredderleichtfraktion ist nur bis zum Jahr 2005 möglich. Danach müssen Abfälle mit einem Organikgehalt von über 5% nach der TA Siedlungsabfall verbrannt werden.

5.3.3.1 Stoffanalyse

Untersucht wird allein das textile Abfallaufkommen im Lebensweg des Gurtbandes. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf den textilen Abfällen in Form des Bandes.

5.3.3.2 Strukturanalyse

In der Strukturanalyse wird dargestellt in welcher der untersuchten Lebenswegphasen welche textilen Abfälle anfallen und wie sie beschaffen sind. Untersucht wurden die Phasen Spinnerei, Weberei, Systemherstellung, Autoherstellung, Gebrauch, Autoverwertung und –beseitigung, wobei der Schwerpunkt auf den Phasen Weberei, Autoherstellung und Autoverwertung liegt. Sie wurden ausführlicher untersucht, da sie für die Masse der textilen Abfälle und die Möglichkeiten der Umsetzung von Strategien zur Abfallreduzierung von besonderer Bedeutung sind.

Für die Abfallbetrachtung ist der Input besonders der Herstellungsphase des Gurtbandes wesentlich, da hier eine Vielzahl von Chemikalien zugegeben wird, die teilweise zwar ausgewaschen, teilweise aber auch in dem Produkt und damit in dem textilen Abfall enthalten sind. Auf Grund der sehr schlechten Datenlage über die verwendeten Chemikalien werden hier nur einige wenige Chemikalien beispielhaft herausgegriffen und für das Abfallaufkommen problematisiert: (1) der bei der Polyesterherstellung verwendete Katalysator, (2) die Additive aus der Herstellung der Filamentgarne und (3) die low-friction-Ausrüstung der Weberei.

Die Monomere, die auf der Basis von Erdöl erzeugt werden, werden unter Zuhilfenahme von **Katalysatoren** zu Polyester kondensiert. Weltweit werden dabei zu 90% Antimonverbindungen eingesetzt. Ein Teil des Katalysators verbleibt nach der Polykondensation im Polymer und später auch in der Faser und dem textilen Abfall, ein Teil wird mit Glykol oder dem Abwasser in der Herstellungsphase ausgetragen (vgl. Grebe, Rabe 1999).

In der Spinnerei werden dem Ausgangsgranulat oder dem Extruder **Additive** zudosiert (vgl. Koch 1993). Die Polyestergarne, die für die Gurtbandherstellung verwendet werden, enthalten keine Flammschutzmittel, dafür aber Mattierungsmittel und Farbstoffe (Information einer Weberei 2000). Da das reine Polymer durchsichtige und glänzende Gewebe ergeben würde, wird zur Mattierung in der Regel schwermetall-präpariertes Titandioxidpulver zugegeben (Enquete-Kommission 1994). Bei der Spinnfärbung der Garne, die bei etwa 40% der europäischen Garne angewendet wird (Information einer Weberei 2000) und in den Farbtönen Schwarz und Anthrazit erhältlich ist, werden der Polymermasse als Farbpigmente Rußpartikel beigemischt (Horsch, Siejack 1993). Alle anderen Garne werden in der Weberei mit Farbstoffen oberflächengefärbt.

Die Bänder werden in der Weberei mit einer chemischen Ausrüstung beschichtet, um die Reibung zu erniedrigen und den Griff des Bandes feiner zu machen, was als **low-friction-effect** bezeichnet wird (Information einer Weberei 2000). Auch die für die Beschichtung verwendeten Chemikalien werden nicht bekannt gegeben. In Abb. 21 ist das textile Abfallaufkommen in den untersuchten Lebenswegphasen des Gurtbandes unter Berücksichtigung einzelner Chemikalien, die in der Phase der Herstellung zugegeben werden, dargestellt. Der hier berücksichtigte Input und Output ist mit schwarzen, der nicht berücksichtigte mit grauen Pfeilen dargestellt.

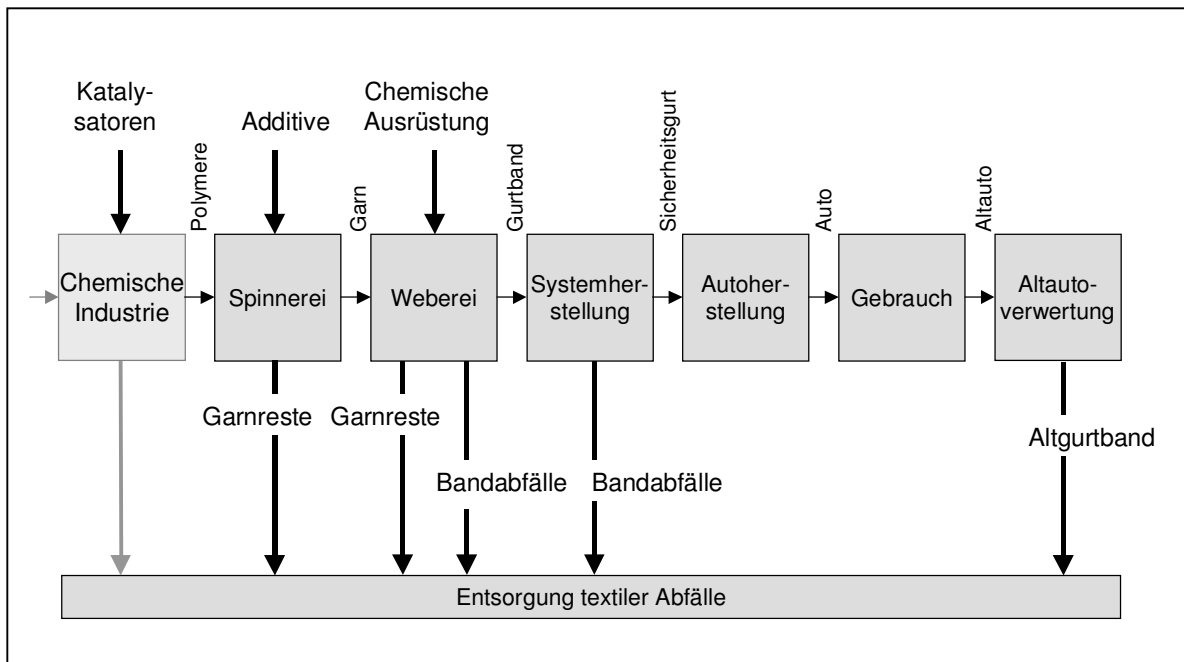


Abb. 21: Textile Abfallströme im Lebensweg des Sicherheitsgurtbandes

In den Phasen Spinnerei und Weberei fallen Garnabfälle an, die aus gefärbten und ungefärbten Polyesterfilamenten bestehen. In der Weberei fällt der Bandabfall entweder direkt an der Webmaschine oder bei der abschließenden optischen Kontrolle an, wenn das Band den Anforderungen nicht entspricht und beispielsweise einen unregelmäßigen Farbauftrag, Kapillarbrüche oder Webfehler aufweist. Der Bandabfall besteht je nach Anfallort in der Weberei aus ungefärbten oder spinngefärbten, beschichteten oder unbeschichteten Bandabschnitten, teilweise mit metallhaltigem Klebestreifen.

In der Systemherstellung fällt der Bandabfall in Form von Bandresten der Rolle, als Bandrest vor ehemaligen Fehlstellen und als Montageabfall bei Mängeln bereits zusammengesetzter Gurtsysteme an. Der Bandabfall besteht aus spinn- oder stückgefärbten, in der Regel beschichteten Bandabschnitten und besitzt oft einen metallhaltigen Klebestreifen.

In der Autoverwertung liegt der Bandabfall in Form von Altbändern vor. Auch hier handelt es sich um stück- oder spinngefärbte Bänder. Die Konzentration der Beschichtung ist unbekannt, es wird hier jedoch davon ausgegangen, dass die Gurtbänder, die intensiv genutzt wurden, eine geringere Konzentration an Ausrüstungschemikalien als die Anfangskonzentration enthalten. Die Gurtbänder enthalten daneben diverse Schmutzstoffe aus dem Gebrauch, zum Teil auch aus der Autoverwertung, die ebenfalls unbekannt sind.

5.3.3.3 Quantifizierung

Die folgende Quantifizierung des textilen Abfallaufkommens bezieht sich allein auf die Bandabfälle im Lebensweg des Gurtbandes. Die in der Spinnerei und der Weberei anfallenden Garnabfälle bleiben unberücksichtigt. Um das Aufkommen an textilen Bandabfällen in den untersuchten Lebenswegphasen quantifizieren zu können, liegen der Berechnung folgende durchschnittliche Angaben zum Gewicht und zur Länge eines Gurtbandes, zu den Abfallquoten in der Weberei und der Systemherstellung und zur Anzahl der jährlich in Deutschland zu entsorgenden Personenkraftfahrzeuge zu Grunde:

- Ein durchschnittliches Gurtband besitzt ein Gewicht von 160 g und hat eine Länge von 2,8 m (Horsch, Siejack 1993). In einem durchschnittlichen Personenkraftwagen sind 5 Gurtbänder eingebaut, die zusammen ein Gewicht von 800 g besitzen.
- Der Anteil des Bandabfalls beträgt in der Weberei etwa 10% des Garninputs und in der Systemherstellung etwa 6% des Bandinputs (Informationen einer Weberei und eines Systemherstellers 2000).
- Die Zahl der jährlich in Deutschland zu entsorgenden Autos wird auf 1,7 Millionen geschätzt (VDA 2001).

In Abb. 22 sind die textilen Abfälle in der Weberei und der Systemherstellung für die Herstellung eines 160 Gramm schweren Gurtbandes dargestellt.

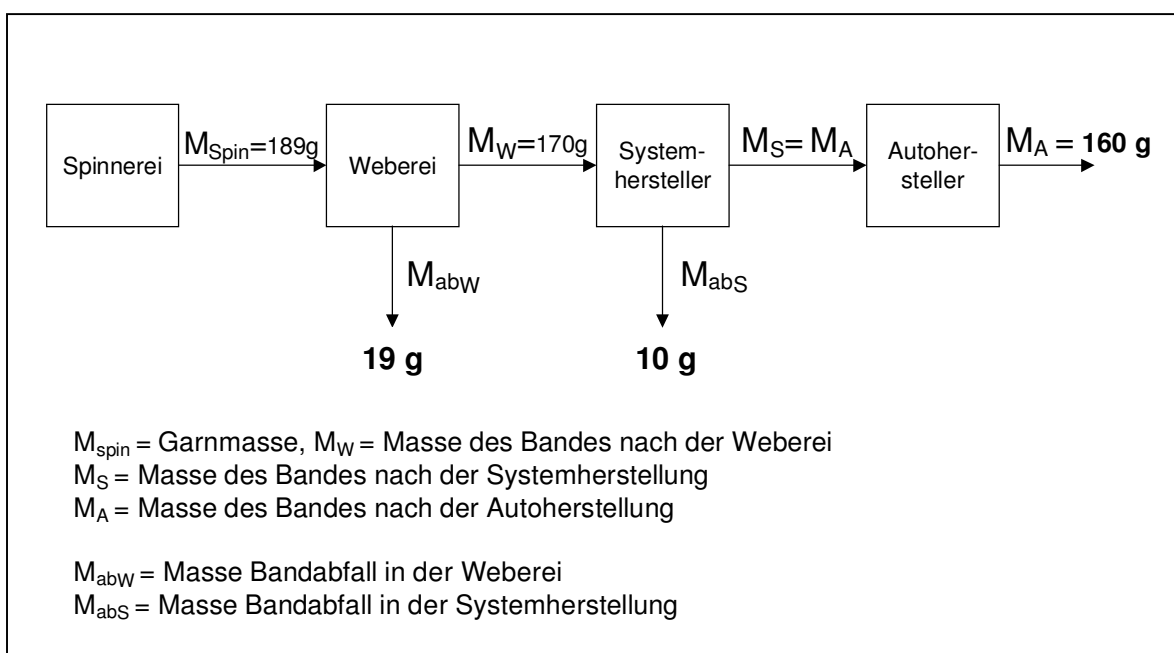


Abb. 22: Textile Abfälle in der Weberei und der Systemherstellung

Die textilen Bandabfälle der Weberei und der Systemherstellung wurden wie folgt berechnet:

$M_S = M_A$	$M_A = 160\text{ g}$		
$M_W = M_S + M_{abS}$	$M_{abS} / M_W = 0,06$	$M_W = 170\text{ g}$	$M_{abS} = 10\text{ g}$
$M_{SPIN} = M_W + M_{abW}$	$M_{abW} / M_{SPIN} = 0,1$	$M_{SPIN} = 189\text{ g}$	$M_{abW} = 19\text{ g}$

Abb. 23: Berechnung der Masse der textilen Bandabfälle pro Gurtband in den Phasen Weberei und Systemherstellung

Danach entstehen bei der Herstellung eines 160 g schweren Gurtbandes in der Weberei etwa 19 g, in der Systemherstellung etwa 10 g Bandabfall. Das sind 18% der Masse des Gurtbandes, die in der Phase der Herstellung allein in Form von Bandabfällen anfallen.

In Tab. 11 ist die Masse des Bandabfalls bezogen auf ein einzelnes Gurtband, das Gurtband eines Pkws sowie das Gurtband der jährlich in Deutschland entsorgten Personenkraftwagen dargestellt. Ergänzend wird in der Tabelle die Länge der Gurtbandabfälle angegeben.

Tab. 11: Masse der Bandabfälle

Bandabfall bezogen auf:	einzelnes Gurtband		gesamtes Gurtband im Pkw		gesamtes Gurtband der jährlich in Deutschland entsorgten Pkws	
Bandabfall Weberei	19 g	0,3 m	95 g	1,7 m	162 t	2.890 km
Bandabfall Systemherstellung	10 g	0,2 m	51 g	0,9 m	87 t	1.530 km
Bandabfall Autoverwertung	160 g	2,8 m	800 g	14,0 m	1.360 t	23.800 km
Bandabfall gesamt	189 g	3,3 m	946 g	16,6 m	1.609 t	28.220 km

Demnach fallen in Deutschland jährlich etwa 1.360 Tonnen Altgurtband in zu entsorgenden Pkws an. Werden zudem die Bandabfälle berücksichtigt, die bei der Herstellung der Bänder in der Weberei und beim Systemhersteller anfallen, dann beträgt die Menge der Gurtbandabfälle für die jährlich in Deutschland entsorgten Altautos 1.609 Tonnen.

Die hier dargestellten Abfallmengen stellen durchschnittliche Angaben dar. Die genauen Abfallmengen in der Weberei sind unter anderem abhängig von der Qualität der verwendeten Garne. Eine schlechtere Garnqualität führt zu mehr Ausschuss beim Fadeneinzug am Webstuhl und zu mehr Kapillarbrüchen und erhöht damit die Zahl der Fehlstellen im Band (Information einer Weberei 2000). Weiterhin ist die Abfallmenge in der Weberei davon abhängig, ob spinngefärbtes oder ungefärbtes Garn verwendet wird. Ein Großteil der Bandabfälle entsteht nach Angaben der Weberei auf Grund der Stückfärbung des Gurtbandes, die oft nicht der vom Autohersteller geforderten Gleichmäßigkeit des Farbauftrags entspricht. Bei Verwendung von spinn schwarzem Garn fallen danach in der Weberei die geringsten Abfallmengen an. Schließlich hängt die genaue Abfallmenge des Altgurtes vom Gewicht und der Länge des Bandes ab. Diese können je nach Anforderungen der Autohersteller und der Position des Gurtbandes im Pkw unterschiedlich sein. So ist das mittlere Gurtband der Rücksitze dünner als die sonstigen Gurtbänder, da der Platz für den Aufrollbereich begrenzt ist (Information eines Autoherstellers 2000).

5.3.4 Akteurskette

Zunächst werden hier die Informationsströme zwischen den Akteuren der untersuchten Lebenswegphasen dargestellt. Im Anschluss werden die Entscheidungen der Akteure, die das Abfallaufkommen beeinflussen sowie einzelne Ursachen für die Akteursentscheidungen genannt.

5.3.4.1 Informationsströme

In den untersuchten Lebenswegphasen des Gurtbandes kommen die Akteure Spinnerei, Weberei, Systemhersteller, Autohersteller, Nutzer, Autoverwertungsunternehmen (mit Presse und Schredder) und Unternehmen zur Beseitigung direkt mit dem Gurtband in Berührung. Die Informationsströme zwischen den direkten Akteuren weisen große Unterschiede auf. Sie sind in Abb. 24 dargestellt. Die Intensität der Beziehungen wird durch die Breite der Pfeile beschrieben. Der Handel ist in der Abbildung nicht dargestellt, da er in der untersuchten Produktlinie des Gurtbandes eine sehr geringe Bedeutung besitzt. So existieren lediglich zwischen dem Autohersteller und dem Nutzer Handelsunternehmen, die jedoch in der Regel relativ eng an die einzelnen Autohersteller gebunden sind, so dass hier auf ihre Darstellung verzichtet wird.

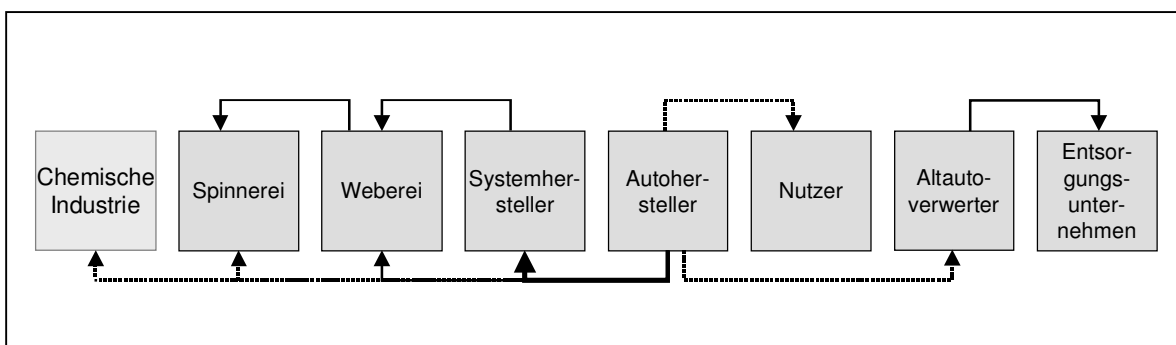


Abb. 24: Informationsströme zwischen den Akteuren der untersuchten Lebenswegphasen (Sicherheitsgurtband)

Aus der Abbildung ist erkennbar, dass der Autohersteller eine zentrale Position einnimmt. Er besitzt großen Einfluss besonders auf die vorgelagerten Herstellungsschritte. Erkennbar ist dies an den Vorgaben, die der Autohersteller den Zulieferbetrieben in Form von technischen Lieferbedingungen oder der Positivliste macht, in der festgelegt ist, welche Chemikalien bei der Herstellung des Gurtbandes oder des Garns verwendet werden dürfen.

Die vorgelagerten Herstellungsstufen - zumindest die Phasen Systemherstellung, Weberei und Teile der Spinnerei - sind spezialisiert auf die Herstellung von Garnen und Bändern für das Gurtband oder die Herstellung des Gurtes selbst und daher ausschließlich Zulieferbetriebe der Autohersteller. Zwischen den vorgelagerten Herstellungsstufen existieren in der Regel keine Handelsunternehmen, so dass eine direkte Kommunikation möglich ist. Während der Autohersteller in Form von Positivlisten, Prüfmethode und Preisen relativ viel festlegt und regelt, zeigt er nach Ansicht von vorgelagerten Herstellern wenig Bereitschaft, Informationen aufzunehmen. So legt der Autohersteller nach Ansicht einer Weberei die Anforderungen an das Gurtband fest, ohne dabei das spezifische Wissen der Weberei ausreichend zu berücksichtigen.

Der Autohersteller unterhält nach eigenen Angaben einen intensiven direkten Kontakt zum Systemhersteller und einen weniger intensiven direkten Kontakt zur Weberei. Der Systemhersteller übermittelt in der Regel lediglich die Informationen des Autoherstellers an die Weberei, kann dem Autohersteller aber auch Vorschläge zur Gestaltung des Gurtbandes unterbreiten.

Bei der Kommunikation zwischen der Weberei und der Spinnerei geht es im Wesentlichen darum, die Anforderungen der Autohersteller wie die technischen Lieferbedingungen und die Positivliste der erlaubten Chemikalien zu übermitteln.

Zwischen Autohersteller und Nutzer findet nur eine sehr indirekte Kommunikation zur Pflege des Gurtbandes über die Betriebsanweisung des Autos statt. Die Nutzer werden nicht zu ihren Erfahrungen mit dem Gurtband in der Gebrauchsphase befragt. Die Kommunikation zwischen Autoherstellern und Autoverwertern verläuft in der Regel ebenfalls indirekt in Form von Demontageanleitungen. Eine direkte Kommunikation existiert nur in Ausnahmefällen, beispielsweise bei einem der befragten Autohersteller, der mit einzelnen Autoverwertern vertraglich gesicherte Partnerschaften vereinbart hat. Eines der Ziele dieser Kommunikation ist die Rücknahme gebrauchter Gurtbänder durch den Autohersteller, um diese gewinnbringend zur Weiterverwendung abzugeben. Es existieren keine Hinweise auf einen Kontakt zwischen Autoherstellern und Recyclingunternehmen, der darauf abzielt, die stoffliche Zusammensetzung des Gurtbandes so zu verändern, dass eine hochwertige werkstoffliche Verwertung möglich wird.

5.3.4.2 Einfluss der Akteure auf das Abfallaufkommen

Im Folgenden werden Entscheidungen der untersuchten Akteure genannt, die sich auf das oben dargestellte Aufkommen an Bandabfällen erhöhend auswirken. Sie werden unterteilt nach den Akteuren, die die Entscheidung treffen.

Weberei

Die Weberei hat durchaus Einfluss auf das textile Abfallaufkommen in ihrem Produktionsprozess. Dies lässt sich durch die folgenden Entscheidungen belegen, die von der Weberei getroffen werden (Informationen einer Weberei 2000):

So entscheidet sich die Weberei aus Kostengründen dafür, billigere Garne zu kaufen, die qualitativ schlechter sind als teurere Garne. Damit wird die Zahl der Fehlstellen im Band und somit die Masse an Bandabfällen in der Weberei erhöht.

Daneben reduziert die Weberei aus Kostengründen die Zahl der überwachten Arbeitsplätze und erhöht gleichzeitig die Produktionsgeschwindigkeit. Dies führt bei sich fortsetzenden Fehlern an den Webstühlen oder bei der Oberflächenfärbung zu großen Mengen an Bandabfällen.

Die befragte Weberei ist bemüht, die Kundenwünsche so gut wie möglich zu erfüllen, um eine entsprechende Kundenanbindung zu erzielen. So werden auch kleine Bandmengen mit speziellen Farben oberflächengefärbt, obgleich hier auf Grund der notwendigen Einstellungen der Produktionsabfall relativ hoch ist.

Systemhersteller

Der Einfluss des Systemherstellers auf den Bandabfall ist gering. Durch die Entscheidung, die ausgeschnittenen Fehlstellen auf der Bandrolle auf eine Anzahl von zwei bis drei zu begrenzen, und statt Gurtbandrollen zum Teil bereits geschnittene Bänder zu beziehen, hat der Systemhersteller lediglich einen Einfluss darauf, ob der Gurtbandabfall in seinem Verantwortungsbereich oder in dem der Weberei anfällt.

Autohersteller

Der Autohersteller hat einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Masse und die Zusammensetzung des Bandabfallaufkommens in den untersuchten Lebenswegphasen, insbesondere auf die Masse des Bandabfalls in der Weberei:

So entscheiden sich die befragten Autohersteller dafür, sehr hohe optische Anforderungen an das Band zu stellen, die nach Angaben der Weberei und der Spinnerei auf „Null Fehler“ hinauslaufen. Gurtbandabschnitte mit Kapillarbruch werden in der Regel als Fehlstellen ausgeschnitten, obgleich solche äußerlichen Fehler nicht zwangsläufig auf Fehler in der Bandqualität hindeuten. Auch Bandabschnitte, die leichte Unterschiede im Farbauftrag aufweisen, werden in der Regel als Fehlstellen entfernt (Informationen einer Weberei 2000).

Auch die Entscheidung des Autoherstellers, den Nutzern eine größere Auswahlmöglichkeit bei der farblichen Gestaltung des Autoinnenraums und auch der Gurtbänder zu bieten, führt zu einer Zunahme an Bandabfällen in der Weberei, da bunte Bänder oberflächengefärbt werden müssen. Dies äußert sich in einer wesentlichen Zunahme der Bandabfälle in der Weberei (Informationen einer Weberei 2000).

Der Autohersteller geht mit seinen Lieferanten längerfristige Verträge mit Preisbindungen ein. So sind Verträge üblich, die über mehrere Jahre laufen und die als festen Bestandteil enthalten, dass die gelieferten Produkte jährlich um einige Prozent günstiger werden. Die Preispolitik der Automobilindustrie zwingt die Zulieferer zur Minimierung der Lohnkosten und zur Minimierung der Kosten für Ausgangsstoffe (Informationen einer Spinnerei und einer Weberei 2000).

Der Autohersteller entscheidet mit der Vorgabe der Positivliste, in der die Chemikalien aufgeführt sind, die bei der Produktion des Gurtbandes verwendet werden dürfen, über die stoffliche Zusammensetzung des Gurtbandes und damit auch über die stoffliche Zusammensetzung der Bandabfälle.

5.3.4.3 Ursachen für Akteursentscheidungen

Für die oben genannten Entscheidungen der Akteure, die sich auf die Menge an Bandabfällen im Lebensweg erhöhend auswirken, existieren verschiedene Ursachen, die im Folgenden genannt werden. Die Akteursentscheidungen, die sich reduzierend auf das Bandabfallaufkommen auswirken, werden in Abschnitt 5.3.6 („Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung“) dargestellt.

Eine wesentliche Ursache für viele Entscheidungen der Weberei ist der hohe Kostendruck, der von den Autohersteller ausgeübt wird. Ursache für den Kostendruck der Autohersteller wiederum ist die starke Konkurrenzsituation, in der sich die Autohersteller zur Zeit befinden. Auch die wachsende Konkurrenzsituation zwischen Webereien führt zu zunehmenden Bandabfällen, da die Webereien bemüht sind, auch kleine Margen zu färben, um die Kundenbindung zu festigen.

Der wachsende Kostendruck auf Weberei und Autohersteller erlaubt es nicht, Gurtbänder aus spinngefärbtem farbigen Garn zu verwenden, da die Kosten für die Herstellung dieses Garns bislang viel höher sind als die Kosten für die Stückfärbung der Bänder.

Nur bei der Farbe Schwarz gibt es bislang eine vom Preis vergleichbare Alternative zwischen der abfallarmen Spinn- und der abfallintensiven Oberflächenfärbung.

Die Autohersteller haften für die Funktionstüchtigkeit des Gurtbandes und stellen daher relativ hohe technische Anforderungen an das Band. Daneben werben sie oft mit der hohen Sicherheit, die ihre Automarke bietet und sind um ein entsprechendes Image bemüht. Da dieses Image durch optische Fehler wie Kapillarbrüche in den Gurtbändern – die sich auf die Qualität ansonsten nicht auswirken - gefährdet werden könnte, sind auch die optischen Anforderungen der Autohersteller an das Band entsprechend hoch. In Abb. 25 sind die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Masse des Bandabfalls dargestellt.

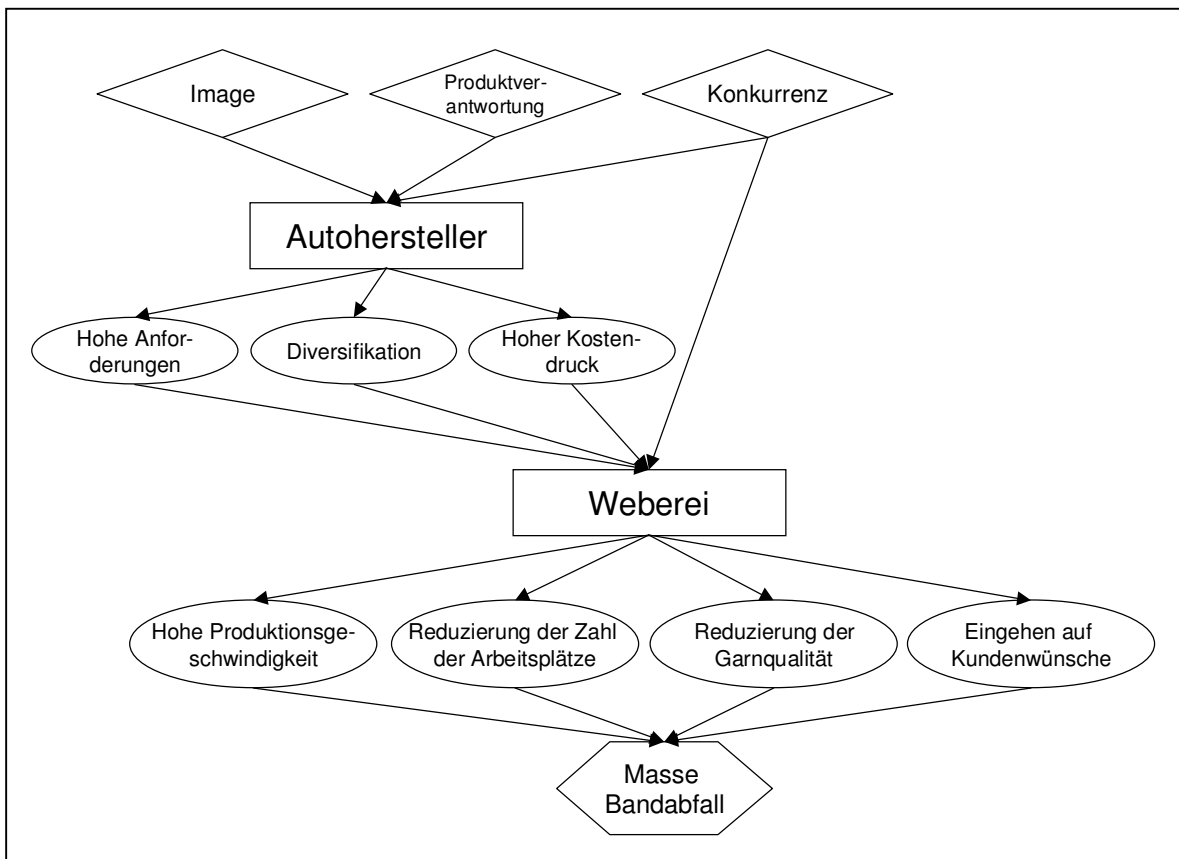


Abb. 25: Einflussfaktoren auf die Masse an Bandabfall

Die oben angegebenen Ursachen für die Akteursentscheidungen sind in einem rautenförmigen Rahmen angegeben. Autohersteller und Weberei, die einen wesentlichen Einfluss auf das Abfallaufkommen besitzen, sind in den rechteckigen Kästchen, ihre oben genannten Entscheidungen in Ellipsen dargestellt.

Aus dem Diagramm ist erkennbar, dass die Rahmenbedingungen wie die Produkthaftung (Verantwortung), die Bedeutung der Sicherheit (Image) und die wachsende Konkurrenz zu einer zunehmenden Masse an Bandabfällen führen. Weiterhin ist erkennbar, dass der Autohersteller mit den von ihm getroffenen Entscheidungen - verstärkte Diversifikation, höchste Anforderungen und Minimierung der Kosten - die abfallerhöhenden Entscheidungen der Weberei wesentlich beeinflusst.

5.3.5 Bewertung der textilen Abfälle

Die textilen Abfälle, die im Lebensweg des Gurtbandes anfallen, sind mengenmäßig problematisch. So fallen durch die jährlich in der Bundesrepublik entsorgten Pkws allein 1.609 Tonnen Bandabfälle im Lebensweg an. Diese setzen sich vor allem aus nicht-erneuerbaren Rohstoffen zusammen. So besteht nicht nur das Gurtband selbst aus Produkten der Erdölraffination, sondern auch viele Zusatzstoffe werden auf der Basis von Mineralölen hergestellt, beispielsweise die Spinnpräparationen. Die Verwendung von nicht-erneuerbaren Ressourcen widerspricht aber den Grundsätzen des nachhaltigen Wirtschaftens, die die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (1994) postuliert hat. Danach sollen nicht-erneuerbare Ressourcen nur in dem Umfang genutzt werden, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen geschaffen wird (vgl. Frieger 1999).

Es lassen sich Hinweise finden, dass die textilen Abfälle daneben auf Grund der Chemikalien, die in der Phase der Herstellung verwendet werden, auch in Bezug auf ihre Gefährlichkeit relevant sind. Da die einzelnen Chemikalien, die zur Herstellung des Polymers verwendet, der Polymermasse zugegeben oder auf das Garn oder das Gewebe aufgebracht werden, nicht bekannt sind, kann die Gefährlichkeit hier nur abgeschätzt werden.

So soll die Antimonverbindung (Antimontrioxid), die bei der Polykondensation von Polyester in der Regel als Katalysator eingesetzt wird und die zum Teil im Abfall der Herstellungsphase sowie zum Teil im Filament verbleibt, kanzerogen und toxisch sein. Glykolerückstände aus der Polykondensation, die Antimontrioxid enthalten, müssen in Sondermüllverbrennungsanlagen beseitigt werden (vgl. Grebe, Rabe 1999). Auch Chemikalien, die in Spinnpräparationen oder der Beschichtung enthalten sind, können unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit darstellen. Einzelne hier verwendete Chemikalien zeigen toxische, kanzerogene und allergene Wirkungen (Enquete-Kommission 1994). Dies widerspricht insbesondere der Managementregel nach der Gefahren und unvermeidbare Risiken für die menschliche Gesundheit durch anthropogene Einwirkungen zu vermeiden sind (vgl. Frieger 1999).

5.3.6 Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung

In den untersuchten Lebenswegphasen des Gurtbandes werden die Abfallreduzierungsstrategien „Verlängerung der Lebensdauer“, „Kreislaufrführung“, „Minimierung der Masse“ und „Minimierung problematischer Materialien“ umgesetzt. Die Strategien der Kreislaufrführung werden in Form der Verwendungsstrategien „Wieder- und Weiterverwendung des Altbandes durch Autoverwerter“ und „Weiterverwendung des Altbandes durch die Autohersteller“ sowie in Form der Verwertungsstrategien „Wiederverwertung von Bandabfällen“, „Wiederverwertung von Garnresten“, „Weiterverwertung von Garnresten“ und „Weiterverwertung von Bandabfällen“ umgesetzt. Die Strategien wurden auf Entscheidungen einzelner Akteure und Faktoren untersucht, die die Umsetzung der Strategie hemmen oder fördern. In Abb. 26 sind die Strategien zur Kreislaufrführung dargestellt, die in den untersuchten Lebenswegphasen umgesetzt werden.

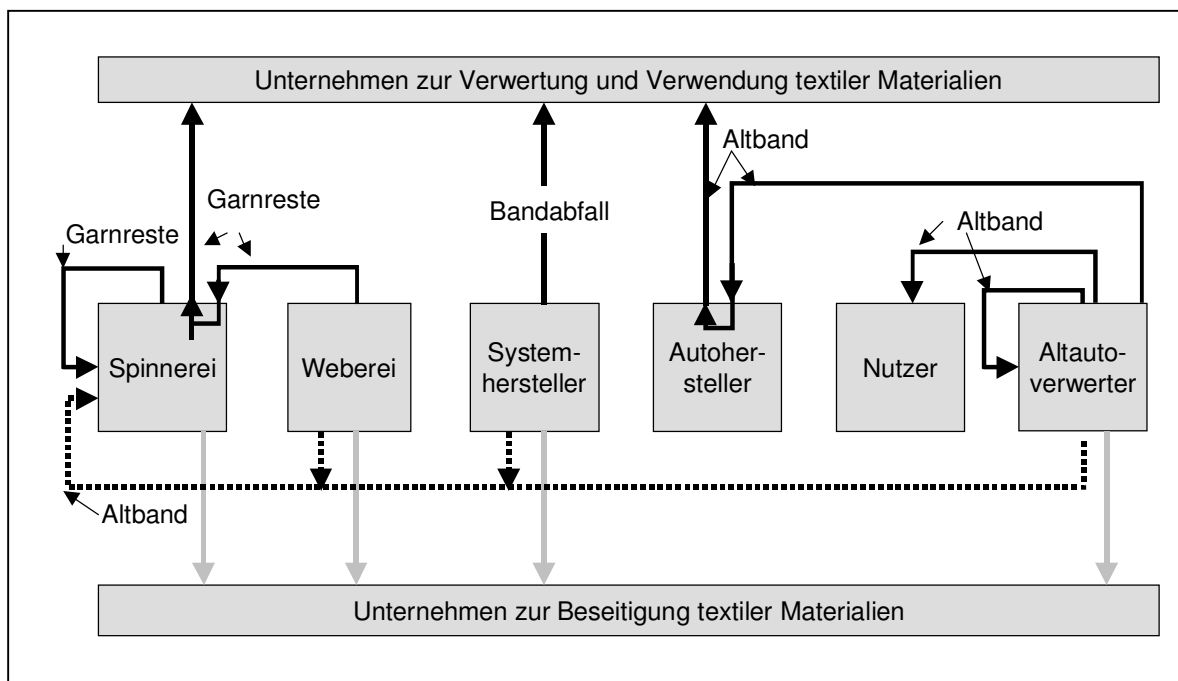


Abb. 26: Textile Abfallströme, die verwendet und verwertet werden

Die schwarzen Pfeile kennzeichnen die textilen Abfallströme, die im Lebensweg des Gurtbandes verwertet oder verwendet werden, die grauen Pfeile stellen die textilen Abfallströme zur Beseitigung dar. Da die umgesetzten Kreislaufstrategien nur einen Teil der textilen Abfälle berücksichtigen, existieren in der Regel in jeder Phase noch Abfallströme zur Beseitigung. Die gestrichelten Linien kennzeichnen die Strategie der Wiederverwertung von Bandabfällen durch die Spinnerei. Da diese Strategie nicht über das Versuchsstadium hinaus umgesetzt wurde, theoretisch aber umsetzbar wäre, sind hier nur die potenziellen Stoffströme eingezeichnet. Alle untersuchten Strategien zur Kreislaufrführung besitzen eine geringe Reichweite auf (vgl. Kapitel 3.4). Dagegen weist die Strategie der Verlängerung der Lebensdauer eine größere Reichweite, da hier verschiedene Hersteller eingebunden sind, um die hohe Qualität und damit die lange Lebensdauer zu sichern.

5.3.6.1 Verlängerung der Lebensdauer

Da das Gurtband ein Teilprodukt des Pkws ist, führt eine Verlängerung der Lebensdauer des Bandes nur dann zu einer Abfallreduzierung, wenn gleichzeitig die Lebensdauer des Pkws verlängert oder das Gurtband in der Nachgebrauchsphase ausgebaut oder herausgeschnitten und wieder- oder weiterverwendet wird.

Es lassen sich zahlreiche Hinweise finden, dass das Band auch über die durchschnittliche Lebensdauer des Pkws hinaus auf Grund der hohen Qualität des Bandes, die weit über den gesetzlichen Anforderungen liegt, verwendet werden kann. So sind nach Angaben der Weberei die Belastungen, die das Band in den lebensdauersimulierenden Tests aushalten muss, weitaus größer als die tatsächlichen Belastungen, die es im Gebrauch erfährt (Information einer Weberei 2000). Dies führt dazu, dass das Band auch in der Nachgebrauchsphase nach Angaben der Autoverwerter keine auffallenden Schäden aufweist und daher von einem Teil der Autoverwerter ausgebaut oder –geschnitten und wieder- oder weiterverwendet wird. Auch nach Angaben des Autoherstellers, der gebrauchte Bänder zurücknimmt und an einen Taschenhersteller für die Anwendung als Band oder Riemen verkauft, ist die Qualität des Altgurtbandes für diesen Anwendungsbereich noch völlig ausreichend (Information eines Autoherstellers 2000).

Die Verlängerung der Lebensdauer führt jedoch nicht ausschließlich zu einer Abfallreduzierung. Die hohen Anforderungen an das Band, die eine lange Lebensdauer erst ermöglichen, erhöhen gleichzeitig die Menge und die Gefährlichkeit der Bandabfälle.

Fördernde Faktoren

Die lange Lebensdauer des Bandes wird dadurch unterstützt, dass der Autohersteller rechtlich verpflichtet ist, die Verantwortung für die Funktionstüchtigkeit des Gurtbandes in der Gebrauchsphase zu übernehmen. Daneben wirkt sich fördernd aus, dass vom Autohersteller auf Grund des angestrebten Sicherheitsimages höchste Anforderungen an die Eigenschaften des Gurtbandes gestellt werden, die oft höher sind als die gesetzlichen Mindestanforderungen.

5.3.6.2 Wieder- und Weiterverwendung des Altbandes durch Autoverwerter

Die befragten Autoverwertungsunternehmen verwenden einen Teil der Bänder wieder oder weiter. Zwei von sieben befragten Unternehmen gaben an, dass sie einen Teil der kompletten Gurtsysteme aus dem Auto ausbauen und zur Wiederverwendung an Kunden verkaufen. Daneben schneidet ein Teil der Autoverwerter das Gurtband aus dem Altauto heraus, um es im Eigengebrauch weiterzuverwenden. Ein Verwerter befestigt beispielsweise beim Verkauf von gebrauchten Motoren diese mit Gurtbändern, die dann zusammen mit den Motoren bei den Kunden verbleiben.

Hemmende und fördernde Faktoren

Bei der Wiederverwendung von gebrauchten Gurtbändern wirkt sich hemmend aus, dass deren Qualität unbekannt ist. Mögliche Schäden im Band oder auch in den sonstigen Teilen des Gurtsystems können nicht immer optisch erkannt werden. Insofern ist die Wiederverwendung mit einem Sicherheitsrisiko verbunden und wird daher auch von einigen Autoverwertern ausdrücklich nicht durchgeführt.

Fördernd wirkt sich aus, dass das Altautoverwertungsunternehmen durch den Verkauf des Gurtsystems einen Gewinn macht. Ein weiterer fördernder Faktor für die Weiterverwendung des Gurtbandes ist dessen Form. Das Band lässt sich vielfältig einsetzen.

5.3.6.3 Weiterverwendung des Altbandes durch den Autohersteller

Die Recyclingabteilung eines Autoherstellers nimmt Altgurtbänder gegen ein geringes Entgelt von den Autoverwertungsunternehmen zurück, die Vertragspartner sind (drei der sieben befragten Verwertungsunternehmen sind Vertragspartner). Es werden nur solche Bänder angenommen, die den Spezifikationen des Autoherstellers entsprechen. So muss das Band schwarz und frei von nichttextilen Elementen sein und darf optisch keine Abnutzungerscheinungen zeigen. Die Bänder werden von dem Autohersteller zunächst zur Reinigung abgegeben und anschließend an einen Taschenhersteller verkauft, der sie schneidet und als Bänder für Taschen oder Rucksäcke verwendet. Nach Aussagen des Autoherstellers sind die Eigenschaften des Altgurtbandes ausreichend für den Einsatz in Taschen.

Fördernde Faktoren

Die Wiederverwendung des Altbandes durch den Autohersteller wird gefördert durch den Gewinn, der beim Verkauf der gebrauchten Bänder erzielt werden kann. Einen weiteren fördernden Faktor stellt die sehr hohe Qualität des Gurtbandes dar, das die Weiterverwendung des Bandes auch am Ende der Lebensdauer des Pkws ermöglicht. Unterstützt wird die Umsetzung der Strategie auch durch die Entscheidung des Autoherstellers, einzelne Autoverwerter zu Vertragspartnern zu machen und so eine direkte Kommunikation zu ermöglichen. Dem Autohersteller erleichtert dies den Zugang zu lohnenden Altprodukten des Pkws. Nur so kann er relativ einfach eine Mindestmenge an Bändern zurücknehmen, ab der die Reinigung und der Verkauf wirtschaftlich sinnvoll wird. Daneben unterstützt der geringe finanzielle Wert des Bandes (das Neuband kostet 0,5 bis 0,7 Euro/m) die Entscheidung besonders der kleineren Autoverwerter, das Band an die Recyclingabteilung des Autoherstellers zurückzugeben und nicht eigenständig nach Absatzbereichen zu suchen.

5.3.6.4 Wiederverwertung von Garnresten

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Spinnerei einen Teil ihrer sauberen textilen Produktionsabfälle dem Extruder direkt wieder zugibt. Somit wird ein Teil des Produktionsabfalls in der Spinnerei wiederverwertet (Information einer Spinnerei 2000). Neben den Produktionsabfällen werden in der befragten Spinnerei keine Sekundärrohstoffe eingesetzt (Information einer Spinnerei 2000).

Fördernde Faktoren

Die produktionsinterne Wiederverwertung der Polyesterabfälle ist für die Spinnerei gewinnbringend, da Rohstoff- und Entsorgungskosten eingespart werden.

Fördernd auf die Umsetzung der Strategie wirkt sich weiterhin aus, dass bei der Wiederverwertung der Produktionsabfälle das gleiche Polymer mit der identischen Konzentration an Additiven verwendet wird. Abweichungen könnten dagegen die Verarbeitung zu hochwertigen Sekundärprodukten erschweren (Stewart 2000).

5.3.6.5 Wiederverwertung von Bandabfällen

Die Rücknahme der Bandabfälle und Altbänder und deren Wiederverwertung durch die Spinnerei ist eine Strategie zur Abfallreduzierung, die von der Spinnerei Akzo Nobel in Zusammenarbeit mit der Porsche AG konzipiert und bis im Versuchsstadium durchgeführt, jedoch nie darüber hinaus realisiert wurde. Da sie sich im Versuchsstadium als realisierbar gezeigt hat, wird sie hier zu den umgesetzten Strategien zur Abfallreduzierung gezählt.

Grundannahmen und Entscheidungen einzelner Akteure

1990 hat der Faser- und Garnhersteller Akzo Nobel ein Projekt zur Untersuchung der Recyclingfähigkeit von spinn schwarzen Sicherheitsgurtbändern aus Polyester durchgeführt. Getestet wurden sowohl Bandabfälle aus der Produktion als auch Altbänder. Ein Ergebnis war, dass die Qualität der Garne, die aus regranulierten Altbändern hergestellt wurden, nur für die Verwendung als Schussgarn im Sicherheitsgurtband ausreicht. Die Anforderungen, die an das Kettgarn gestellt werden, konnten von dem wiederverwerteten Garn nicht erfüllt werden. Voraussetzung für eine Wiederverwertung der Altbänder war deren geringe Verschmutzung. Die Versuche bezogen sich allein auf Bänder aus spinn schwarzem Garn, die chemisch nicht mit einer „low-friction“ – Beschichtung ausgerüstet waren, da sich sowohl die Farbstoffe aus der Oberflächenfärbung als auch die Beschichtung negativ auf die Spinnbarkeit der regranulierten Masse ausgewirkt haben (Engels, Sternberg 1994).

Die Firma Akzo Nobel hat auf der Basis dieser Versuche eine Rücknahmegarantie für Gurtbänder aus ihren spinn schwarzen Garnen mit den Markennamen Diolen 177 und Diolen 178 ausgesprochen, d.h. die Altauverwerter konnten die betreffenden Gurtbänder an Akzo Nobel kostenlos zurückgeben. Obgleich die Firmen Akzo Nobel und Courtaulds inzwischen zur Firma Acordis fusioniert sind, besteht diese Rücknahmegarantie nach der Aussage eines Mitarbeiters von Acordis noch immer, wurde aber niemals realisiert (Information einer Spinnerei 2000). Beispielsweise wurde das Band aus Diolen nicht gekennzeichnet, so dass für den Autoverwerter nicht erkennbar ist, welche Bänder unter die Rücknahmegarantie fallen. Auch die fehlende Information der Autoverwerter zu der Rücknahmegarantie legen den Schluss nahe, dass das Projekt nicht tatsächlich realisiert werden sollte. Vielmehr ist naheliegend, dass Akzo Nobel die Versuchsreihen zur Recyclingfähigkeit des spinn schwarzen Garns zum damaligen Zeitpunkt durchgeführt hat, um dessen Konkurrenzfähigkeit gegenüber ungefärbtem Garn, das stückgefärbt wird, zu stärken. Akzo Nobel/Acordis ist einer der wenigen und größten Hersteller von spinn schwarzem Garn.

Nachdem dessen Anteil in Gurtbändern zu Gunsten der oberflächengefärbten Bänder sank, war das Unternehmen daran interessiert, diese Entwicklung aufzuhalten bzw. umzukehren. Das ist ihnen nach Ansicht eines Mitarbeiters mit diesem Projekt gelungen, in dem mit der Recyclingfähigkeit der spinngefärbten Garne geworben wurde. Das Produkt spinnsschwarzes Garn existiert noch immer und ist konkurrenzfähig (Information einer Spinnerei 2000).

Hemmende und fördernde Faktoren

Gehemmt wurde die Umsetzung der Strategie insbesondere durch das damals und sicher auch heute noch unwirtschaftliche Verfahren. Das recycelte Material kann ökonomisch nicht mit Primärrohstoffen konkurrieren. Da besonders die Webereien nur enge finanzielle Spielräume durch Preisbindungen mit den Autoherstellern besitzen, werden in der Regel nur preiswerte Garne gekauft.

Die hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit und die geringe Anzahl an überwachenden Arbeitsplätzen hemmen die Verwendung von Sekundärrohstoffen bzw. Garnen aus Sekundärrohstoffen. Nicht entfernte Verunreinigungen in Sekundärrohstoffen können zu großen Verarbeitungsproblemen und somit zu einer erhöhten Abfallmasse in der Spinnerei und der Weberei führen. Daneben wurde die Umsetzung der Strategie auch dadurch gehemmt, dass ein Großteil der Bänder beschichtet ist, was die Recyclingfähigkeit stark vermindert.

Die Spinnerei besitzt das Image, Garne höchster Qualität herzustellen. Die hohen Ansprüche der Autoindustrie an die Qualität der Garne sichert der Spinnerei bislang ihr Überleben. Hemmend wirkt sich auf die Umsetzung der Strategie aus, dass durch die Verwendung von Sekundärrohstoffen Fehler in das Garn eingeschleppt werden können, die sich auf die Qualität der Garne und das Image des Unternehmens negativ auswirken können.

Der leichte Druck in Richtung auf umweltfreundliche bzw. recyclingfähige Produkte, der Anfang der 90er Jahre bestand, wirkte sich fördernd auf die Konzeption der Strategie aus (Information einer Spinnerei 2000).

5.3.6.6 Weiterverwertung von Garnresten

Die befragte Spinnerei, die das spinnsschwarze Garn produziert, nimmt die Garnreste der Weberei zurück und gibt sie zusammen mit den eigenen Garnresten weiter an ein Unternehmen, das sie zu Teppichrücken verwertet.

Fördernde Faktoren

Ein fördernder Faktor ist, dass die Spinnerei mit dieser Strategie ihr Image als ökologisch handelndes Unternehmen festigt. Es existieren Hinweise, dass sie sich damit neue Kunden und die stärkere Bindung an bestehende Kunden verspricht.

Es ist anzunehmen, dass die Spinnerei durch den Verkauf der Garne einen Gewinn erzielt. Unbekannt ist, in welchem Verhältnis die Einnahmen durch den Verkauf zu den Ausgaben für die Sortierung oder Rücknahme der Garnabfälle stehen.

Es wird angenommen, dass es für die Spinnerei leichter ist, ein Recyclingunternehmen für größere Mengen der relativ homogenen und recycelbaren Garnreste zu finden. Dieser Umstand wirkt sich auf die Rücknahme der Garnreste durch die Spinnerei fördernd aus. Ebenso fördernd wirkt sich die relativ geringe Entfernung zwischen der Spinnerei und der Weberei aus, die die Kosten für die Rücknahme der Garnreste begrenzt.

Fördernd wirkt sich weiterhin aus, dass in dem Bereich, in dem die Garnreste später eingesetzt werden, nicht bekannt ist, dass es sich um Recyclingprodukte handelt. Recyclingprodukte besitzen nach Aussage mehrerer befragter Akteure derzeit einen eher schlechten Ruf (u.a. Information eines Verwertungsunternehmens 2000).

5.3.6.7 Weiterverwertung von Bandabfällen

Der Systemhersteller, der die Bandabfälle bislang noch einer energetischen Verwertung zuführt, möchte diese zukünftig stofflich verwerten lassen. Zur Zeit werden vom Systemhersteller zusammen mit einem Recyclingunternehmen Versuche durchgeführt mit dem Ziel, aus den Gurtbändern ein Vlies herzustellen, das beispielsweise als Dämmstoff eingesetzt werden kann. Probleme bei der stofflichen Verwertung der Bandabfälle bereiten in dem Versuchsstadium besonders die Kunststoffteile am Band, zum Beispiel die Schlosszunge oder das metallhaltige Klebestück aus der Weberei.

Hemmende und fördernde Faktoren

Der metallhaltige Klebestreifen aus der Weberei stellt einen hemmenden Faktor für die Umsetzung der Strategie dar, da er den Verwertungsprozess, beispielsweise den Reißprozess, stört (Information einer Weberei und eines Systemherstellers 2000). Bei der Installation einer optischen Detektion von Fehlstellen in der Weberei wurde nicht darauf geachtet, welche Auswirkungen die gewählte Methode auf Entsorgungsprozesse hat.

Ein fördernder Faktor für die Umsetzung der Strategie ist das Image des umweltbewussten Betriebes, das sich der Systemhersteller gibt. Fördernd wirkt sich auch das Umweltmanagementsystem aus, das er – auf Druck des Autoherstellers – implementiert hat.

Die relativ große Masse von 200 t neuwertigen Gurtbandresten, die jährlich beim Systemhersteller anfallen (Information eines Systemherstellers⁶ 2000) und für die die Kosten der Entsorgung getragen werden müssen, fördert die Notwendigkeit, zumindest Versuche zur stofflichen Verwertung durchzuführen.

⁶ Der untersuchte Systemhersteller produziert die Sicherheitsgurte nicht nur für den deutschen Markt. Daher übersteigt die Masse der Gurtbandreste mit 200 Tonnen die Angabe in Tab. 11, in der mit 87 Tonnen die Gurtbandreste aus der Systemherstellung bezogen auf die in Deutschland jährlich entsorgten Pkws angegeben sind.

5.3.6.8 Minimierung der Masse

Die Autohersteller haben sich in den letzten Jahrzehnten dafür entschieden, das Gurtband in Richtung dünneres und leichteres Band weiterzuentwickeln, ohne die Qualität oder die Lebensdauer des Bandes zu verändern. Das geringere Gewicht pro Längeneinheit und die geringere Dicke des Bandes wurden durch Veränderungen des textilen Materials, der Drehung der Garne und der Dicke der Filamente erzielt (Blumberg, Droste 1979).

Fördernde Faktoren

Fördernd auf die Minimierung des Flächengewichts des Bandes wirkten sich technische Anforderungen sowie Wünsche von Nutzern aus. Da die Gurtbänder auf Grund der zunehmenden Leibesfülle einzelner Autofahrer länger werden (Information eines Autoherstellers 2000), die Aufrollvorrichtung aber nur ein bestimmtes Bandvolumen aufnehmen kann, werden die Bänder dünner. Die Entwicklung wird nach Auskunft eines Autoherstellers weiterhin dadurch unterstützt, dass die Nutzer die leichteren und dünneren Gurte als angenehmer empfinden. Da gleichzeitig mit der Reduzierung der Masse pro Längeneinheit die Bandlänge vergrößert wurde, kann nicht abgeschätzt werden, inwieweit damit die Masse pro Gurtband reduziert wird. Da sich die Änderungen in der Masse nicht auf die Qualität des Bandes auswirken dürfen, führt die Minimierung der Masse hier im Vergleich zum Pavillon nicht zu einer Minimierung der Qualität und damit der Lebensdauer des Technischen Textils.

5.3.6.9 Minimierung problematischer Materialien

Der Autoinnenraum wird durch Emissionen belastet, die sich unter anderem in einem störenden Geruch und einem schmierigen Flüssigkeitsfilm an der Windschutzscheibe äußern können. Der Geruch wird im Wesentlichen von leicht- bis mittelflüchtigen organischen Substanzen, der Flüssigkeitsfilm auf der Windschutzscheibe (Fogging) durch schwerflüchtige Substanzen verursacht, die aus den Werkstoffen der Innenausstattung emittieren (Lüßmann-Geiger 1999). Dazu gehören beispielsweise Weichmacher und Stabilisatoren. Da einzelne Nutzer sowohl den Geruch als auch das Fogging als störend empfinden, ist der Autohersteller bemüht, die Emissionen im Autoinnenraum zu reduzieren. Die textilen Bestandteile des Autoinnenraums haben auf Grund ihrer großen Oberfläche einen nennenswerten Anteil an den Verursachern dieser Emissionen. Die Autohersteller legen zum einen in der Positivliste für die Zulieferbetriebe verbindend fest, welche Stoffe bei der Herstellung verwendet werden dürfen und führen zum anderen Schadstoff- und Geruchsmessungen im Autoinnenraum durch. Werden einzelne Parameter überschritten, dann wird mit Zulieferern an einer Lösung des Problems gearbeitet. So existiert auch für die Zulieferbetriebe des Gurtbandes die Anforderung, den Anteil an emittierenden Substanzen in ihren Produkten zu reduzieren (Information einer Weberei 2000). Die Reduzierung der Emissionen im Innenraum wird durch die Substitution oder den Verzicht auf Chemikalien in der Herstellungsphase realisiert. Bislang wird die Strategie der Verringerung problematischer Materialien nur in engen Grenzen u.a. in Bezug auf die Emissionen im Autoinnenraum angewendet. Sie könnte theoretisch aber mit Hilfe der Positivliste auf andere in der Herstellungsphase eingesetzte Chemikalien erweitert werden, die für Mensch und Umwelt gefährlich sind.

Fördernde Faktoren

Fördernd auf die Umsetzung der Strategie wirken sich die bereits bestehenden Kommunikationsstrukturen zwischen dem Autohersteller und den Zulieferbetrieben aus. Sie finden unter anderem in dem Instrument der Positivliste ihren Ausdruck, in der die Autohersteller den vorgelagerten Betrieben mitteilen, welche Chemikalien bei der Herstellung des Gurtbandes eingesetzt werden dürfen.

Fördernd wirkt sich weiterhin die Bedeutung des Images des Autoherstellers in einer Zeit starker Konkurrenz aus. Der Autohersteller ist bemüht, eine mögliche negative Beeinflussung des Sicherheitsimages seiner Automarke zu verhindern. Dieses könnte beispielsweise durch Schleimhautreizungen sehr empfindlicher Insassen gefährdet werden (Lüßmann-Geiger 1999), die durch eine hohe Konzentration an emittierten Stoffen im Innenraum hervorgerufen werden kann.

5.3.7 Diskussion der Ergebnisse „Sicherheitsgurtband“

Die textilen Abfälle im Lebensweg des Gurtbandes sind auf Grund ihrer Menge ökologisch relevant. Daneben existieren Hinweise, dass sie auch auf Grund ihrer Gefährlichkeit von Bedeutung sind. Im Lebensweg des Gurtbandes werden zahlreiche Strategien zur Abfallreduzierung umgesetzt. Da im Vorfeld sich verändernder gesetzlicher Vorschriften oft innovative Projekte initiiert werden (De Man 1999), ist anzunehmen, dass die Ursache für die vergleichsweise große Zahl an Strategien in den sich zur Zeit verändernden rechtlichen Rahmenbedingungen liegt.

Das Gurtband ist ein qualitativ sehr hochwertiger Technischer Textilartikel, der trotz der diversen Beanspruchungen in der Gebrauchsphase wie Reibung, Feuchtigkeit, größeren Temperaturwechseln oder UV-Strahlung, eine hohe Lebensdauer aufweist. Die hohe Qualität lässt sich mit der gesetzlich festgelegten Übernahme der Produktverantwortung für die Gebrauchsphase durch den Autohersteller und mit dem vom Autohersteller angestrebten hohen Sicherheitsimage begründen. Die Faktoren Image, Produktverantwortung und –haftung des Herstellers, die die Lebensdauer des Bandes verlängern, führen gleichzeitig in der Produktion des Bandes zu einer Zunahme des textilen Abfallaufkommens, weil beispielsweise Bandbereiche mit kleineren optischen Fehlern nicht akzeptiert werden.

Der Trend hin zu einer Vergrößerung des Angebotes an farbigen Gurtbändern erhöht den textilen Abfallanfall im Lebensweg. So steigt die Masse an Produktionsabfall in der Weberei, in der die farbigen Gurte oberflächengefärbt werden, was im Vergleich zur Spinnfärbung für die Weberei wesentlich abfallintensiver ist (Information einer Weberei 2000). Daneben existieren Hinweise aus ersten Versuchen zur Recyclingfähigkeit der Altbänder, dass die Farbstoffe aus der Oberflächenfärbung den Wiederverwertungsprozess behindern (Horsch, Siejack 1993). Die nicht-schwarzen Bänder entziehen sich zur Zeit auch der Wiederverwendung des Bandes, da nur schwarze Bänder zurückgenommen werden.

Der starke Preisdruck der Autohersteller auf die Zulieferbetriebe bei gleichbleibenden hohen technischen und optischen Anforderungen an das Band führt zu einer Zunahme des Abfallaufkommens in der Produktion.

So versucht die Weberei ihre Kosten zu reduzieren, indem sie die Verarbeitungsgeschwindigkeit erhöht und die Anzahl der überwachenden Arbeitsplätze stark dezimiert. Die Folgen sind hohe Mengen an textilen Produktionsabfällen bei schon kleinsten Fehlern im Ausgangsmaterial oder bei Problemen mit den Web- oder Färbemaschinen. Die Verwendung von billigeren und qualitativ schlechteren Garnen in der Weberei, die weitere Fehlerquellen in den Prozess einschleppen, verstärkt das Aufkommen an Bandabfällen zusätzlich. Die Entscheidung der befragten Weberei, auf Grund des wachsenden Kostendrucks preiswertere und qualitativ schlechtere Garne zu verwenden, die gleichzeitig zu einer Zunahme an Bandabfällen führt, ist nur eine von mehreren möglichen Alternativen, die auf eine Kostenreduktion abzielen. So entscheidet sich beispielsweise die Firma Kunert, ein Strumpfhersteller, die ebenfalls einem wachsenden Kostendruck ausgesetzt ist (der im Vergleich zur Gurtbandweberei möglicherweise geringer ist), für einen anderen Weg der Kostenreduktion. Die Firma Kunert hat errechnet, dass ihr jährlicher Strumpfabfall einen Wert von 1,2 Millionen DM hat. Davon fallen eine Millionen DM auf die Kosten für die Rohstoffe, aus denen der Strumpfabfall besteht. Kunert hat daher eine Arbeitsgruppe beauftragt, die Artikelqualität in allen Produktionsstufen zu verbessern und so den Ausschussanteil zu senken und den Anteil an Artikeln höchster Qualitätsstufe zu steigern (Rauberger 1999).

Bislang werden die textilen Produktionsabfälle, die bei den einzelnen Herstellern anfallen, meist als individuelles Problem des jeweiligen Unternehmens betrachtet. Lediglich eine Spinnerei und ein Autohersteller nehmen textile Abfälle aus nachgelagerten Phasen zurück, um sie gewinnbringend zu verkaufen oder die Kundenanbindung zu stärken. Eine Zusammenarbeit bei der Reduzierung von Abfällen, die zunächst darin bestehen könnte, sich über das Abfallaufkommen und dessen Ursachen zu informieren oder gemeinsam über Strategien zur Reduzierung nachzudenken, findet sich im Lebensweg des Gurtbandes bislang nicht. Die Kontakte zwischen einem Autohersteller und einzelnen Altautoverwertern sind ein Einzelfall. Sie dienen im Falle des Gurtbandes den Autoherstellern nicht dazu, das Wissen der Autoverwerter zum Ausbau oder dem Zustand des Gurtbandes zu ermitteln, um damit die vorgelagerten Herstellungsstufen aus der Abfallperspektive zu optimieren, sondern sollen ihm lediglich die Altbänder zugänglich machen, für die ein gewinnbringender Nischenabsatzmarkt gefunden wurde.

Der Autohersteller besitzt mit der Positivliste ein wesentliches Instrument zur Beeinflussung der Stoffströme in den vorgelagerten Herstellungsphasen und damit auch für die Beeinflussung insbesondere der Zusammensetzung der textilen Abfälle im Lebensweg. Das Instrument wird vom Autohersteller bislang u.a. dafür genutzt, das Gurtband so herzustellen, dass Emissionen in der Gebrauchsphase reduziert werden. Es könnte darüber hinaus vom Autohersteller auch dafür genutzt werden, das textile Abfallaufkommen so zu verändern, dass es hochwertig stofflich verwertbar ist oder dass ökotoxikologische Stoffe substituiert werden.

Mit der EU-Richtlinie Altauto, die in Form des Altfahrzeug-Gesetzes und der Veränderung der Altauto-Verordnung in nationales Recht umgewandelt wurde, ändern sich die rechtlichen Rahmenbedingungen des Fallbeispiels Gurtband. Dem Autohersteller wird neben der Verantwortung für die Gebrauchsphase nun auch die Verantwortung für die Nachgebrauchsphase übertragen. Die sich verändernden rechtlichen Rahmenbedingungen bieten die Chance auf eine verstärkte Abfallreduzierung im Lebensweg des Gurtbandes.

Im Vorfeld der Änderungen wurden von den Autoherstellern und ihren Zulieferern zahlreiche Projekte initiiert, die die Abfallreduzierung im Altauto zum Ziel hatten. So wurde beispielsweise vom europäischen Kunststoffverband APME ein Projekt umgesetzt, das auf eine Vermittlung von Informationen zur Altautoverwertung über das Internet abzielt.

Die neuen gesetzlichen Vorschriften sehen beispielsweise eine Minimierung problematischer Abfälle vor. So dürfen nach dem 1. Juli 2003 bei der Autoherstellung Blei, Quecksilber, sechswertiges Chrom und Cadmium nur noch in bestimmten Ausnahmefällen eingesetzt werden. Weiterhin fördern die EU-Richtlinien eine Kreislaufführung von Stoffen, indem sie den Hersteller von Fahrzeugen verpflichten, alle Altfahrzeuge seiner Marke vom Letzthalter zurückzunehmen. Daneben müssen die „Wirtschaftsbeteiligten“ (Hersteller und Betreiber von Annahmestellen, Demontagebetrieben u.a.) sicherstellen, dass folgende Zielvorgaben bezogen auf das durchschnittliche Fahrzeuggewicht aller pro Jahr überlassenen Altfahrzeuge erreicht werden: Spätestens ab 2006 müssen mindestens 85 Gewichtsprozent der Fahrzeugmasse wiederverwendet und verwertet werden, wobei mindestens 80% der Fahrzeugmasse wiederzuverwenden und stofflich zu verwerten⁷ sind. Es wurden jedoch keine Quoten für die Wiederverwertung festgelegt, so dass theoretisch die erforderlichen 80% der Fahrzeugmasse auch gänzlich zur stofflichen Weiterverwertung abgegeben werden könnten. Damit wird der Anteil der energetisch verwerteten Fraktion eingeschränkt. Ab 2015 erhöht sich der Anteil der Fahrzeugmasse, die wiederverwendet oder verwertet werden muss, auf 95%, wobei mindestens 85% wiederzuverwenden und stofflich zu verwerten sind.

Weiterhin sollen bereits bei der Autoherstellung die Demontage, die Wiederverwendung und die Verwertung, insbesondere die stoffliche Verwertung, von Altfahrzeugen, ihren Bauteilen und Werkstoffen umfassend berücksichtigt werden. Daneben ist verstärkt Recyclingmaterial zu benutzen. Die Hersteller werden verpflichtet, Bauteile und Werkstoffe zu kennzeichnen, Demontageanleitungen an Autoverwerter abzugeben und Informationen zur recyclinggerechten Konstruktion von Fahrzeugen, zur Entwicklung und Optimierung von Möglichkeiten zur Wiederverwendung und zur stofflichen und sonstigen Verwertung von Altfahrzeugen weiterzugeben.

Nach Ansicht von Autoherstellern werden sich die gesetzlichen Forderungen nach einer Kreislaufführung insbesondere negativ auf die von den Autoherstellern zur Zeit präferierte Strategie der Minimierung der Masse (dem Fahrzeuggewicht) auswirken, da sich die im Automobilbau verstärkt verwendeten relativ leichten Verbundmaterialien bislang nicht für eine Wiederverwendung oder stoffliche Verwertung eignen. Die Reduzierung des Fahrzeuggewichts soll auf Grund des verminderten Treibstoffverbrauchs in der Gebrauchsphase zu einer erheblichen Verminderung der Stoffströme im Lebensweg des Pkws führen. Am Beispiel des Gurtbandes ist ersichtlich, dass eine Erhöhung der Kreislauffähigkeit relativ einfach umsetzbar wäre, wenn das Kriterium der Abfallreduzierung schon bei der Entwicklung des Bandes berücksichtigt werden würde. Es ist daher anzunehmen, dass auch die Verbundmaterialien so hergestellt werden könnten, dass sie hochwertig stofflich verwertbar sind und so gleichzeitig eine Reduzierung des Fahrzeuggewichtes und eine Reduzierung der textilen Abfälle möglich wird.

⁷ Mit der stofflichen Verwertung ist die Wieder- und Weiterverwertung gemeint.

Da das Gurtband mit einem Gewicht von etwa 800 g einen geringen Anteil am durchschnittlich 907 kg schweren Pkw besitzt (VDA 2001), ist unklar, inwieweit sich die gesetzlichen Anforderungen zur Wiederverwendung und stofflichen Verwertung, die sich auf die Fahrzeugmasse beziehen, auf die Gestalt der Gurtbänder auswirken werden. Da sich der Trend zum Leichtbau im Automobilbereich wahrscheinlich fortsetzen wird, wird der Anteil des Gewichts des Gurtbandes an der Fahrzeugmasse steigen und möglicherweise damit die Notwendigkeit, auch für zur Zeit noch sehr leichte Bestandteile Konzepte zur Abfallreduzierung zu entwickeln. So wurde bei der Entwicklung des Airbags, der ebenfalls ein geringes Gewicht besitzt, bereits darauf geachtet, dass das verwendete Material relativ hochwertig recyclebar ist (Information einer Spinnerei 2000).

Die Überprüfung der Einhaltung der neuen rechtlichen Bestimmungen erfolgt u.a. im Rahmen der Überprüfung der Entsorgungsfachbetriebe durch Sachverständige. Da dieses System zur Zeit nach Rachut und Christiani (2001) noch starke Mängel aufweist – so waren beispielsweise Quotenvorgaben aus der Altauto-Verordnung bei vielen Verwertern unbekannt – kann bislang keine Aussage darüber getroffen werden, wie sich die neuen rechtlichen Bestimmungen in der Praxis tatsächlich auswirken werden.

6 Ergebnisse

In diesem Kapitel wird zusammenfassend dargestellt, welche Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg der untersuchten Technischen Textilartikel umgesetzt werden und in welchem Umfang die Umsetzung erfolgt. Daneben wird die Reichweite der Strategien genannt. Weiterhin werden für die einzelnen Fallbeispiele die Strategien erläutert, deren Realisierung über dem ggf. jetzt schon bestehenden Maß hinaus ein nennenswertes Abfallreduzierungspotenzial bietet. Zum einen um zu verdeutlichen, welche Differenz zwischen den realisierten und den aus der Abfallperspektive sinnvoll umsetzbaren Strategien besteht, zum anderen um mögliche zukünftige Entwicklungen aufzuzeigen, die zur Minimierung von Abfällen beitragen können. Abschließend werden die Auswirkungen der bestehenden Rahmenbedingungen auf den textilen Abfallanfall genannt sowie potenzielle Rahmenbedingungen diskutiert, die eine Reduzierung des textilen Abfalls im Produktbereich der Technischen Textilien fördern können.

6.1 Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg der Fallbeispiele

Von den in den letzten Jahren diskutierten Strategien zur Abfallreduzierung (vgl. Kapitel 3.4) wird die Mehrzahl im Lebensweg der drei untersuchten Technischen Textilartikel umgesetzt. Jedoch - mit Ausnahme der Strategie der Verlängerung der Lebensdauer - in einem sehr geringen Umfang und/oder mit geringen Auswirkungen auf die Reduzierung der Menge und Gefährlichkeit der textilen Abfälle. Daneben zeigen sich bei der Umsetzung einzelner Strategien Zielkonflikte insbesondere zwischen den Zielen der Effizienz und der Konsistenz. So kann als ein Ergebnis der Arbeit festgehalten werden, dass die in den letzten Jahren diskutierten Strategien zur Abfallreduzierung mit dem Ziel einer nachhaltigen Entwicklung bislang an den untersuchten Technischen Textilartikeln so gut wie vorbeigegangen sind.

6.1.1 Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung

Im Folgenden werden die vier Strategien zur Abfallreduzierung: (1) Verlängerung der Lebensdauer, (2) Kreislaufführung, (3) Minimierung problematischer Materialien und (4) Minimierung der Masse, die im Lebensweg der drei untersuchten Fallbeispiele partiell umgesetzt werden, zusammenfassend dargestellt. Weiterhin wird auf den Umfang der Umsetzung und die Reichweite der Strategien in den konkreten Fällen eingegangen.

Die umgesetzten Strategien zur Abfallreduzierung zielen mit Ausnahme der Strategie „Minimierung problematischer Materialien“ insbesondere auf eine Erhöhung der Effizienz ab. „Effizienz ist meistens hilfreich, doch bedeutet sie für die etablierte Industrie eine sehr konservative Möglichkeit, den Wandel, auf den es eigentlich ankäme, auf die lange Bank zu schieben“ (vgl. Huber et al. 1999, S. 8). Effizienz setzt „innerhalb des Systems an, welches die Schwierigkeiten verursacht hat. Es käme aber darauf an, die Probleme, die uns die Produktionsweise der ersten industriellen Revolution gebracht hat, in die wir immer noch verstrickt sind, nicht bloß zu lindern – sondern zu lösen“ (Braungart, McDonough 1999, S. 19). Die Effizienzstrategien sind eher konservativ, da in der Regel weder die Akteurskette noch die Stoffströme wesentlich verändert werden und damit keine neuen oder besonders innovativen Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette entstehen.

In Tab. 12 sind die im Lebensweg der Fallbeispiele identifizierten Strategien zur Abfallreduzierung dargestellt.

Tab. 12: Umgesetzte Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilartikel

Pavillon	Baumwollzelt	Gurtband
	Verlängerung der Lebensdauer	
Kreislaufführung		
(Minimierung der Masse)		Minimierung der Masse
		Minimierung problematischer Materialien

Die Strategie der **Verlängerung der Lebensdauer** wird im Lebensweg des Baumwollzeltes und des Gurtbandes realisiert. Die zwei Technischen Textilartikel besitzen mit durchschnittlich etwa 10 bis 15 Jahren eine lange Lebensdauer, die bei beiden Produkten unter anderem durch die hohe Qualitätsorientierung der Hersteller und Nutzer, die Übernahme der Verantwortung für die Gebrauchsphase durch die Hersteller und eine auffallend intensive Kommunikation in Teilen der Produktlinie ermöglicht wird. Während die Kommunikation beim Baumwollzelt insbesondere zwischen dem Zelthersteller und den Nutzern stattfindet, erstreckt sie sich beim Gurtband auf den Autohersteller und seine vorgelagerten Akteure.

Die Reichweite der Strategie ist bei beiden Produkten begrenzt, da den aus der Abfallperspektive positiven Auswirkungen in der Phase der Herstellung (Abfallreduzierung auf Grund der geringeren Produktionsmenge) gleichzeitig negative Auswirkungen in dieser und/oder anderen Phasen gegenüberstehen. Beim Baumwollzelt wird ein Zielkonflikt zwischen den Strategien der Effizienz und der Konsistenz sichtbar. Die längere Lebensdauer, die die Effizienz erhöht, wird durch die Verwendung einer chemischen Ausrüstung erzielt, durch die gleichzeitig die Konsistenz der Abfälle vermindert oder zerstört wird. Beim Gurtband stehen der verlängerten Lebensdauer die großen Abfallmengen in der Produktion gegenüber, die unter anderem durch die hohen Anforderungen an die Qualität und Lebensdauer des Bandes verursacht werden.

Die Strategie der **Kreislaufführung** wurde im Lebenswegs aller Fallbeispiele identifiziert, unterscheidet sich aber stark in ihrem Umfang bzw. in Bezug auf den Anteil an textilen Abfällen, die von der Strategie erfasst werden. So wird im Lebensweg des Pavillons und des Baumwollzeltes nur ein kleiner Anteil des textilen Abfalls, in der Regel Produktionsabfälle, von etwa 3 - 6% einer stofflichen Verwertung oder Verwendung zugeführt, der Rest wird beseitigt. Der Anteil an textilen Abfällen, der im Lebensweg des Gurtbandes verwendet oder verwertet wird, ist höher. Durch den relativ großen Anteil der Altbänder, der von den Autoverwertern weiterverwendet wird, dominiert beim Gurtband eine Kreislaufführung, bei der das in der Regel noch qualitativ hochwertige Produkt einer meist sehr kurzen erneuten Nutzung vor der Beseitigung zugeführt wird. Das Abfallreduzierungspotenzial dieser Strategien zur Kreislaufführung ist daher gering, wird aber zumindest nicht durch negative Effekte in anderen Phasen kompensiert.

Einzelne der identifizierten Strategien zur Kreislaufführung werden von den Herstellern mit dem Ziel umgesetzt, sich als umweltfreundliches Unternehmen zu präsentieren. Sie stellen damit im Vergleich zu den anderen realisierten Strategien zur Abfallreduzierung, die z.B. auf Grund der Anforderungen des Einsatzbereiches, des Kostendrucks oder „drohender staatlicher Regelungen“ umgesetzt werden, eine Besonderheit dar. So finden sich im Lebensweg des Gurtbandes eine Spinnerei und ein Systemhersteller, die aus Gründen des „Umwelt-Images“, Strategien der Kreislaufführung umsetzen. Dies kann damit zusammenhängen, dass ein Teil der Firmen, die ihren Sitz in der Europäischen Union haben, versuchen, so ihre Konkurrenzfähigkeit zu verbessern. Es lassen sich daneben Hinweise finden, dass das Image der Umweltfreundlichkeit für die Autohersteller wichtig ist, möglicherweise weil Kraftfahrzeuge in der Diskussion um den Treibhauseffekt und die Verknappung von nicht-erneuerbaren Rohstoffen als „Mitverursacher“ gelten. Dies zeigt sich auch daran, dass die deutschen Autohersteller ihre Zulieferbetriebe dazu verpflichten, ein Umweltmanagementsystem zu implementieren.

Die umgesetzten Strategien der Kreislaufführung, die die Effizienz erhöhen, können als win-win-Strategien bezeichnet werden, da sie in der Regel sowohl einen finanziellen Gewinn (für das Unternehmen) als auch einen ökologischen Gewinn, hier in Form der Abfallreduzierung, bieten (vgl. z.B. von Gleich et al. 2001). Die Fallbeispiele zeigen, dass das Potenzial dieser win-win-Strategien bei den derzeitigen Rahmenbedingungen nahezu ausgeschöpft ist, ohne dass sich wesentliche Auswirkungen auf das Abfallaufkommen zeigen.

Die Strategie der **Minimierung der Masse** wird in der Phase der Herstellung des Gurtbandes umgesetzt. Zwar wird auch bei der Herstellung des Pavillons die Materialmasse minimiert, doch wirkt sich diese Minimierung hier auf Grund fehlender Mindestanforderungen an die Qualität gleichzeitig verkürzend auf die Lebensdauer aus. Die Minimierung der Materialmasse wurde daher beim Fallbeispiel Pavillon nicht als Strategie zur Abfallreduzierung gewertet. Im Lebensweg des Gurtbandes wirkt sich die Minimierung der Masse auf Grund der hohen Qualitätsanforderungen an das Band nicht auf dessen Lebensdauer aus. Diese Strategie scheint daher aus der Abfallperspektive nur dann sinnvoll zu sein, wenn gleichzeitig Mindestanforderungen an die Qualität des Technischen Textilartikels eingehalten werden.

Die Strategie der **Minimierung problematischer Materialien** wird allein beim Fallbeispiel Gurtband in der Phase der Herstellung umgesetzt. Bislang zielt der Autohersteller mit der Strategie insbesondere darauf ab, die Chemikalien in der Ausstattung des Fahrzeuginnenraums zu verringern, die in der Gebrauchsphase emittieren und zu Beeinträchtigungen der Autoinsassen führen können. Im Zuge dessen wird wahrscheinlich schon jetzt ein passanter Anteil human- und ökotoxikologisch bedenklicher Stoffe im Gurtband reduziert. Eine weitere Reduktion wäre dann möglich, wenn der Autohersteller explizit auf die Reduzierung dieser Stoffe in den textilen Abfällen abzielen würde.

6.1.2 Theoretisch umsetzbare Strategien zur Abfallreduzierung

Da bislang, wie oben beschrieben, die Strategien zur Abfallreduzierung im Lebensweg der untersuchten Technischen Textilartikel nur in einem sehr begrenzten Umfang umgesetzt werden und/oder eine geringe Reichweite besitzen, wird nachfolgend dargestellt, welche weitergehenden Maßnahmen für die einzelnen untersuchten Technischen Textilartikel zu einer verstärkten Reduzierung der textilen Abfälle beitragen können.

Die Strategie der **Verlängerung der Lebensdauer** wird bei den Fallbeispielen Baumwollzelt und Gurtband bereits in großem Umfang umgesetzt. Für den Pavillon, der im Niedrigpreissegment angesiedelt ist, bietet sich die Strategie nicht an, da eine deutliche Verlängerung der Lebensdauer die Entwicklung eines neuen und teureren Produktes notwendig macht, so müsste z.B. ein hochwertigeres Gewebe verwendet werden. Von den jetzigen Nutzern würde ein solches Produkt auf Grund des Preises wahrscheinlich nicht nachgefragt werden.

Die Strategie der **Kreislaufführung** mit dem Ziel der Wiederverwertung bietet insbesondere im Lebensweg des Gurtbandes ein hohes Abfallreduzierungspotenzial. Dass eine Wiederverwertung bei Berücksichtigung der Anforderungen der Nachgebrauchsphase bei der Produktentwicklung möglich ist, haben Horsch und Sieljack (1993) für das Gurtband nachgewiesen. Die Umsetzung dieser Strategie setzt unter anderem den Verzicht oder die Substitution der Beschichtungskemikalien, die die Wiederverwertung behindern, sowie die Verwendung von spinngefärbten Garnen voraus. Auch für den Pavillon ist eine Wiederverwertung des Gewebes grundsätzlich möglich. Nach Blechschmidt et al. (1996) können Polyethylen-Regranulate in der Folienbändchen-Produktion eingesetzt werden. So wurden Folienbändchen aus 100% Polyethylen-Recyclat ohne Festigkeitsverlust produziert. Grundsätzlich eignen sich hier sortenreine und unverschmutzte Produktionsabfälle. Doch auch das Alttextil kann je nach Verschmutzungsgrad und Abbau durch UV-Strahlung wiederverwertet werden. Die Umsetzung dieser Strategie setzt, vergleichbar mit dem Gurtband, den Verzicht auf eine Beschichtung voraus, das diese in der praktischen Umsetzung bei der Regranulierung zu Problemen führt (Informationen eines Forschungsinstitutes 1999). Eine Kreislaufführung bietet sich für das Baumwollzelt nicht an, da es in der Regel erst bei Verschleiß entsorgt wird und die Fasern nach dem Reißprozess dann zu kurz sind, um erneut versponnen zu werden (vgl. Gulich 1996). Lediglich die Zuschnittabfälle könnten verwertet werden.

Im Lebensweg des Pavillons und des Gurtbandes wird die Strategie der **Minimierung der Masse** bereits in großem Umfang jedoch mit unterschiedlicher Reichweite umgesetzt. Eine Minimierung der Gewebemasse bietet sich für das Baumwollzelt nicht an, da die Eigenschaften des leichteren Baumwollgewebes wie die geringere Wasserundurchlässigkeit für die Verwendung im Baumwollzelt nicht geeignet sind. Sie könnten möglicherweise durch eine verstärkte chemische Ausrüstung kompensiert werden, durch die die Gefährlichkeit der textilen Abfälle jedoch weiter steigen würde.

Bislang wird die Strategie der **Minimierung problematischer Stoffe** allein im Lebensweg des Gurtbandes partiell umgesetzt. Eine Ausdehnung dieser Strategie auf andere problematische Stoffe im Lebensweg des Gurtbandes wie beispielsweise den bereits erwähnten Katalysator Antimon verspricht ein großes Abfallreduzierungspotenzial (vgl. Empacher et al. 2000).

Gleiches gilt für das Baumwollzelt, in dessen Lebensweg verschiedene Stoffe – unter anderem für die chemische Ausrüstung - eingesetzt werden, für die Hinweise auf ihre human- und ökotoxikologische Wirkung existieren. Ob die Strategie auch im Lebensweg des Pavillons zu einer Reduzierung der Gefährlichkeit der textilen Abfälle führen kann ist ungewiss, da hier keine Aussagen dazu gemacht werden können, ob die Inhaltsstoffe des Polyethylengewebes problematisch sind.

Auffällig ist, dass die Strategie der **biologischen Abbaubarkeit** bislang im Lebensweg der untersuchten Technischen Textilartikel nicht umgesetzt wird. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass das Potenzial für Konsistenzstrategien, die zu einer „regenerativen und unschädlichen Industrie“ (Braungart, McDonough 1999, S. 19) führen, bislang im Produktbereich der Technischen Textilien noch ungenutzt ist.

Die Auslegung des Technischen Textilartikels auf eine biologische Abbaubarkeit hin, bietet sich besonders für den Pavillon und das Baumwollzelt an. Für das Gurtband erscheint sie nicht sinnvoll, da bislang die hohen Anforderungen an das Band nur von einzelnen, biologisch nicht abbaubaren, Chemiefasern erzielt werden können. Der Pavillon könnte beispielsweise auch aus einem auswechselbaren Gewebe aus biologisch abbaubaren Folienbändchen hergestellt werden, das nach der Gebrauchsphase stofflich verwertet oder kompostiert wird. Bei der Herstellung der Biofolie ist auf Grund der DIN-Norm 54900, Prüfung der Kompostierbarkeit von Kunststoffen, in der der Schadstoffgehalt, die biologische Abbaubarkeit und die Qualität der entstehenden Komposte geregelt wird, und der Prüfkriterien der Bioabfallverordnung gesichert, dass als Input keine für Mensch und Umwelt gefährlichen Stoffe eingesetzt werden. Kritiker der Verwendung biologisch abbaubarer Kunststoffe weisen darauf hin, dass diese die Wegwerfmentalität unterstützen (vgl. Bertram, Zeschmar-Lahl 2000). Da der Pavillon derzeit praktisch als Wegwerfprodukt genutzt wird, die Wegwerfmentalität also bereits bei einzelnen Herstellern und Nutzern besteht, bietet die Umsetzung dieser Strategie eine – im Vergleich zur Veränderung von Konsummustern – kurzfristigere Möglichkeit zur Abfallreduzierung.

Bislang wird die biologisch abbaubare Folie nur für einzelne Verpackungstoffe verwendet. Die hier eingesetzte Folie eignet sich jedoch nicht als Material für die Herstellung des Pavillongewebes, da der Abbauvorgang, der bereits in der Gebrauchsphase beginnt, beim Pavillon, unterstützt durch Feuchtigkeit, Mikroorganismen und Nährstoffe, relativ schnell ablaufen würde. Sinnvoll wäre hier die Verwendung von biologisch abbaubaren Werkstoffen, deren Produkteigenschaften in der Gebrauchsphase gegen mikrobiellen Abbau relativ stabil sind und deren biologische Labilität erst in der Nachgebrauchsphase beispielsweise durch ein thermische Vorbehandlung aktiviert wird. Diese Materialien existieren bislang noch nicht und stellen somit noch Herausforderungen für die Entwicklung dar (Klein et al. 1997).

Da das verschlissene Baumwollgewebe nicht wiederverwertet werden kann (vgl. Gulich 1996), stellt die Strategie der biologischen Abbaubarkeit auch für das Baumwollzelt eine geeignete Form der Abfallreduzierung dar. Eine Voraussetzung dafür ist, dass die im Herstellungsprozess verwendeten Chemikalien durch biologisch abbaubare Materialien ersetzt werden oder auf einzelne Chemikalien ganz verzichtet wird.

Obgleich die Strategie der **neuen Nutzungsformen** im Lebensweg der Fallbeispiele auf der Grundlage der Befragung nicht identifiziert werden konnte, findet sie sich wahrscheinlich partiell bereits in der Gebrauchsphase des Pavillons in Form einer geteilten Nutzung, die spontan und nach Bedarf sowie nur auf Vertrauensbasis stattfindet. Es wird hier meist einen Besitzer geben, der freiwillig für die Beschaffungs- und Wartungskosten aufkommt (vgl. Hübner 2001). Ein kommerzieller Verleih bietet sich für den Pavillon nicht an, da der Erwerb des Produktes preiswerter ist als das Entleihen. Die Strategie der neuen Nutzungsformen lässt sich für das Fallbeispiel Gurtband nur im Rahmen des Autoverleihs umsetzen, der hier nicht behandelt wird. In Form eines professionellen Verleihs bietet sich die Strategie besonders für die pflegeintensiven Baumwollzelte an, die im Hochpreissegment angesiedelt sind. Die Strategie bietet den zusätzlichen Vorteil, dass das Baumwollzelt intensiver genutzt und die Gefahr der verkürzten Lebensdauer oder der chemischen Nachrüstung auf Grund falscher Pflege minimiert werden würde, da der Hersteller oder ein Zeltverleihunternehmen für die Zeltpflege verantwortlich wäre. Nach Behr und Behrendt (2000) bieten sich ökologische Dienstleistungen für Produkte mit relativ hohen Anschaffungskosten, niedrigen Nutzungsraten und hohen Ausgaben für die Instandhaltung an. Die Kriterien treffen auf das Baumwollzelt zu. Unterstützend für den kommerziellen Zeltverleih könnte sich auswirken, dass die Zelthersteller bei den planmäßigen Treffen der Nutzer aus Verkaufszwecken bislang ohnehin in der Regel anwesend sind. Die Umsetzung dieser Strategie, bei der der Hersteller den Transport, den Auf- und Abbau und die Pflege der Zelte übernehmen würde, böte den Nutzern eine erhebliche Arbeitersparnis.

In der folgenden Tabelle sind die Strategien aufgeführt, die für die untersuchten Technischen Textilartikel ein größeres Abfallreduzierungspotenzial aufweisen.

Tab. 13: Strategien zur Abfallreduzierung, die ein nennenswertes Abfallreduzierungspotenzial im Lebensweg des jeweiligen Fallbeispiels versprechen

Pavillon	Baumwollzelt	Gurtband
Kreislaufführung		Kreislaufführung
	Minimierung problematischer Materialien	
Biologische Abbaubarkeit		
	Neue Nutzungsformen	

Danach existieren für jedes der Fallbeispiele zwei bzw. für das Baumwollzelt sogar drei Strategien zur Abfallreduzierung, die ein hohes Abfallreduzierungspotenzial versprechen.

6.2 Rahmenbedingungen

Eines der Ergebnisse der Untersuchung ist, dass der **Handlungsdruck in den Unternehmen** zur Zeit bestimmt wird durch Kosteneinsparung, Globalisierung und Diversifikation des Angebotes, mit dem Ziel, sich gegen die Konkurrenz abzusetzen. „Niedrige Produktionskosten sind mehr denn je der Maßstab der Konkurrenzfähigkeit auf globalen Märkten. Global Sourcing und Verlagerung der Produktion in Billiglohnländer sind weltweit gängige Praxis“ (Bujanowski et al. 1998, S. 26).

Die Reduzierung von Abfällen ist für einen Großteil der Unternehmen daher von untergeordneter Bedeutung oder läuft dem dargestellten Handlungsdruck direkt zuwider. So wirkt sich der Kostendruck in der Phase der Weberei des Gurtbandes zum einen in einer wachsenden Zahl an Fehlstellen im Band auf Grund der Verwendung von Garnen geringerer Qualität aus. Zum anderen äußert er sich in der Reduzierung der Anzahl der überwachenden Arbeitsplätze und der Erhöhung der Verarbeitungsgeschwindigkeit. Dies führt bei einem Auftreten von Fehlstellen in der Regel dazu, dass sich die Fehler über einen längeren Bandabschnitt fortsetzen und das textile Abfallaufkommen somit erhöhen.

Aus der Abfallperspektive wirkt sich der hohe Kostendruck im Lebensweg des Pavillons sowohl positiv als auch negativ aus. Er bewirkt zum einen eine Reduzierung der textilen Materialmasse und der Qualität der Verarbeitung und setzt in der Folge die Qualität und die Lebensdauer des Endprodukts herab. Zum anderen führt er zu einem Verzicht auf die Beschichtung und erhöht damit die Recyclingfähigkeit des Gewebes. Der Kostendruck führt insbesondere dann zu einer Minimierung der Materialmasse, wenn die Qualität des Endproduktes veränderbar und der Anteil der Materialkosten an den Gesamtkosten relativ groß ist, was beim Pavillon, der in Billiglohnländern produziert wird, der Fall ist.

Die wachsende Diversifikation des Angebotes führt beim Gurtband zu einer Zunahme der textilen Abfälle und erschwert gleichzeitig die Weiterverwendung der Bänder. Dieser Zusammenhang lässt sich auch in anderen Produktbereichen nachweisen, beispielsweise für den Lebensweg der Computerhardware, in dem der wachsende Einsatz von Farbstoffen die Verwertung behindert. So werden „in vier bis fünf Jahren die Schwierigkeiten in den Kunststoffrecyclingverfahren zunehmen, weil in der Gegenwart vermehrt gefärbte Personalcomputer den Markt erobern. Durch den Zusatz von Farbpigmenten sind keine einheitlichen Recyclingverfahren für Kunststoffe mehr möglich, weil Mischfarben aus Imagegründen nur sehr selten in neuen Produkten verwendet werden“ (Meyer 2001, S. 44).

Die individuelle Produktgestaltung, die durch Einzelanfertigung ermöglicht wird, ist mit der zunehmenden Diversifikation nicht zu verwechseln. Sie kann – wie im Lebensweg des Baumwollzertes - zu einer Abfallreduzierung in Form der Verlängerung der Lebensdauer führen, wenn das Pflegeverhalten einen Einfluss auf die Lebensdauer des Technischen Textilartikels hat (was aber insbesondere bei teiltextilen Produkten nicht immer zutrifft). So werden die Produkte durch die kundenindividuelle Fertigung „ästhetisch langlebig (...) weil sie nicht modisch sind oder weil sie optisch genau nach den Wünschen des Kunden gemacht wurden“ (...). „Objekte, die für den Kunden maßgeschneidert wurden“ (Ax 2001, S. 17) zählen zu den Dingen, die den Menschen dauerhaft so wertvoll sind, dass sie gepflegt, Instand gehalten und weitergegeben werden.

Als ein weiteres Ergebnis der Untersuchung lässt sich festhalten, dass das Stoffstrommanagement mit dem Ziel der Abfallreduzierung kein Selbstläufer ist. Für seine Umsetzung sind entsprechende **Rahmenbedingungen** notwendig. Insbesondere die zur Zeit existierenden ökonomischen Rahmenbedingungen stehen dem Stoffstrommanagement entgegen (s.o.). Daneben unterstützen die existierenden rechtlichen Rahmenbedingungen in der Regel nur die Strategien zur Abfallreduzierung, die ein geringe Reichweite besitzen, beispielsweise eine Kreislaufführung, die erst beim Abfallanfall und nicht bereits beim Produktdesign ansetzt.

Zu ihnen zählt die Gewerbeabfallverordnung, die die Getrennthaltung von einzelnen Abfallfraktionen wie Papier, Glas, Kunststoffen und Metallen vorschreibt, mit dem Ziel, die Quoten für die stoffliche und energetische Verwertung zu erhöhen.

Zu den wenigen rechtlichen Rahmenbedingungen im Produktbereich der Technischen Textilien, die Vorgaben zur Produktgestaltung machen und die dazu geeignet sind, die Umsetzung weitreichenderer Strategien zur Abfallreduzierung zu unterstützen, zählen das Altautogesetz und die Altautoverordnung sowie die geplanten Richtlinien des Europaparlamentes zum Elektroschrott. In beiden Gesetzen/Richtlinien wird den Herstellern die Produktverantwortung für die Nachgebrauchsphase übertragen. Daneben wird festgelegt, dass ein bestimmter Anteil der Produktmasse wiederverwendet oder stofflich verwertet werden muss. Weiterhin wird die Verwendung gefährlicher Stoffe wie Blei, Quecksilber oder Cadmium bei der Herstellung verboten (vgl. N.N. 2001). Die gesetzlichen Bestimmungen zu Kraftfahrzeugen werden sich auf die in dieser Branche eingesetzten Technischen Textilien auswirken, die bislang Blei, Quecksilber oder Cadmium enthalten. Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass zukünftig mehr Technische Textilien im Pkw wiederverwendet oder stofflich verwertet werden, damit die in der Richtlinie geforderten Quoten erfüllt werden können.

Mit der Übertragung der **Verantwortung für die Nachgebrauchsphase** des Produktes an die Hersteller kann die Umsetzung aller im Rahmen der vorliegenden Arbeit diskutierten Strategien zur Abfallreduzierung unterstützt werden. Die Produktverantwortung kann beispielsweise dazu beitragen, dass die Hersteller die Technischen Textilartikel so auslegen, dass sie hochwertig recycelt werden können. Hinweise aus der Untersuchung der Fallbeispiele lassen darauf schließen, dass die Übertragung der Produktverantwortung an die Hersteller aber nicht automatisch zu einer Abfallreduzierung führt. Die Hersteller, die im Lebensweg des Baumwollzeltes und des Gurtbandes die Verantwortung für die Nachgebrauchsphase übernehmen, haben ihre Technischen Textilartikel auf Grund dieser Verantwortung bislang nicht dahingehend verändert, dass sie wiederverwertbar sind oder einzelne problematische Materialien nicht mehr enthalten. Ein Grund dafür ist, dass die Abfallgebühren noch relativ gering sind und der Aufwand größerer Veränderungen in der textilen Kette nicht rechtfertigen. Damit eine Übertragung der Produktverantwortung an die Hersteller zu einer Unterstützung der im Rahmen dieser Arbeit aufgezeigten Strategien zur Abfallreduzierung führt, müssen daher noch weitere Rahmenbedingungen, verändert werden. Wenn beispielsweise die Abfallgebühren und die Kosten für eine energetische Verwertung entsprechend hoch sind, wird der Hersteller darin unterstützt, seine Produkte so herzustellen, dass sie stofflich verwertet werden können.

Durch eine weitergehende Besteuerung nicht erneuerbarer Rohstoffe und die Erhöhung der Abfallgebühren können **ökonomische Rahmenbedingungen** geschaffen werden, die die Verlängerung der Lebensdauer, die Kreislaufführung von Stoffen, die biologische Abbaubarkeit und die neuen Nutzungsformen unterstützen. Als Folge der Besteuerung von primären Rohstoffen, die nicht erneuerbar sind, und der Anhebung der Abfallgebühren könnten zum einen Sekundärrohstoffe bzw. das stoffliche Recycling von textilen Abfällen sowie biologisch abbaubare Materialien finanziell attraktiver werden, wobei zu beachten ist, dass auch im Lebensweg dieser Produktgruppen nicht erneuerbare Rohstoffe beispielsweise in Form von Treibstoffen eingesetzt werden.

Damit kann die Veränderung der ökonomischen Rahmenbedingungen große Auswirkungen auf sämtliche im Lebensweg eingesetzten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe haben, nicht nur auf das Material für das Gewebe. Zum anderen würden die so veränderten ökonomischen Rahmenbedingungen die Strategien der Nutzungsdauerverlängerung und –intensivierung von Technischen Textilartikeln („Verlängerung der Lebensdauer“, „neue Nutzungsformen“) finanziell attraktiver machen, da durch sie der Einsatz von Rohstoffen in den Phasen der Herstellung und der Anfall von textilen Abfällen in der Nachgebrauchsphase reduziert wird.

Als weiteres Ergebnis lässt sich festhalten, dass die **Kommunikation** bzw. die Übermittlung von Informationen eine wichtige Grundlage für die Umsetzung insbesondere der Abfallreduzierungsstrategien ist, die eine größere Reichweite und ein höheres Abfallreduzierungspotenzial besitzen. So ist die Kommunikation zwischen den Akteuren in der Herstellungsphase des Gurtbandes (u.a. durch Positivliste) und die Kommunikation zwischen Herstellern und Nutzern des Baumwollzeltes beispielsweise grundlegend für die Verlängerung der Lebensdauer. Es ist davon auszugehen, dass die Berücksichtigung der Erfahrungen der privaten Nutzer, die diese bei dem Gebrauch der Technischen Textilartikel machen, auch im life cycle anderer Technischer Textilien zu einer Abfallreduzierung führen kann (vgl. Weller 1999).

Auch in der abfallpolitischen Diskussion wird die Bedeutung der Kommunikation für die Umsetzung von Strategien zur Abfallreduzierung hervorgehoben. So wird in einer Untersuchung öko-effizienter Dienstleistungen⁸ im Heimmöbelbereich festgestellt, dass der wesentliche Schwerpunkt für die Entwicklung und Etablierung öko-effizienter Dienstleistungen darin liegt, „die Kommunikation zwischen Herstellern und Endverbrauchern zu verbessern. Der mangelnde direkte Kontakt hat sich der Studie zufolge als ein großes Hemmnis herausgestellt, um neue Produkte und Dienstleistungen zu etablieren“ (Hirschberger und Ostertag 2001, S. 20).

Neben der direkten Berücksichtigung des Wissens der privaten Nutzer bei der Herstellung können die Strategien zur Abfallreduzierung durch eine Verbesserung des Informationsflusses von Herstellern zu Nutzern in Form von Labeln und Garantien unterstützt werden. So erhalten die privaten Nutzer bislang kaum Informationen zu den Produkten. Durch ein Label, vergleichbar mit dem Label „Öko-Tex 100“ des Forschungsinstitutes Hohenstein, könnten die Nutzer des Baumwollzeltes beispielsweise dahingehend informiert werden, dass das gekennzeichnete Textil bestimmte Schadstoffprüfungen durchlaufen und bestanden hat. Daneben könnten die Nutzer durch Label darüber informiert werden, dass das Produkt kompostierbar ist oder im Anschluss stofflich verwertet wird.

Eine Erhöhung der Garantiezeiten für Technische Textilartikel könnte einzelnen Herstellern den Faktor Qualität verstärkt ins Bewusstsein bringen. Daneben würden Nutzer einen Anhaltspunkt zur Qualität der Produkte erhalten.

⁸ Als öko-effiziente Dienstleistungen werden die Dienstleistungen bezeichnet, die den privaten Besitz und Gebrauch von materiellen Produkten ersetzen und dadurch zumindest theoretisch weniger ressourcenintensiv sind. Sie gehen mit einem hohen Kundennutzen einher (Scholl 2000). Zu den öko-effizienten Dienstleistungen zählt beispielsweise der Verleih und die Reinigung von Fußmatten.

Neben den Nutzern sollte auch die Gruppe der Entsorger stärker in die Auslegung von Technischen Textilartikeln eingebunden werden. Eine Stärkung der Gestaltungsmacht der Entsorger durch die Berücksichtigung ihres Wissens über die Probleme und Möglichkeiten des Recyclings oder des biologischen Abbaus bei der Herstellung der Technischen Textilien könnten insbesondere die Strategien „Kreislauffähigkeit“ und „biologische Abbaubarkeit“ fördern. In der Vermittlung von Know-how kann zukünftig ein wichtiger Tätigkeitsbereich von Entsorgungsunternehmen liegen.

7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen Beitrag zur Abfallreduzierung für den Produktbereich der Technischen Textilien zu leisten. Technische Textilien wurden als Vorprodukte oder Halbfertigprodukte definiert, die nicht in den Bereichen Haus- und Heimtextilien und Bekleidung verwendet werden, mit Ausnahme verfüllender oder stützender Bestandteile der Bekleidung oder spezifischer Schutzbekleidung.

Für drei ausgewählte Technische Textilartikel, einen Pavillon, ein Baumwollzelt und das Sicherheitsgurtband für Kraftfahrzeuge, wurde dargestellt, dass die im Lebensweg anfallenden textilen Abfälle mengenmäßig relevant sind. Daneben existieren Hinweise, dass im Lebensweg des Baumwollzeltes und des Gurtbandes, insbesondere bei der Veredelung Chemikalien eingesetzt werden, die öko- und humantoxikologisch wirken. Da diese Chemikalien auf den Textilien haften, sind auch Teile der textilen Abfälle in Bezug auf ihre Gefährlichkeit relevant. Es wird angenommen, dass diese Aussagen auch auf die textilen Abfälle des gesamten Produktbereichs übertragen werden können.

Der zur Zeit in den Unternehmen herrschende Handlungsdruck ist geprägt von einem Zwang zu einer Minimierung der Kosten, einer Auslagerung kompletter oder einzelner Produktionsstufen in Billiglohnländer und einer wachsenden Diversifikation des Angebotes, die darauf abzielt, die Konkurrenzfähigkeit zu sichern. Der Anreiz zur Abfallreduzierung ist für die Unternehmen bislang sehr gering. Überdies laufen die genannten Faktoren einer weitergehenden Abfallreduzierung in der Regel entgegen. So konnte im Lebensweg des Sicherheitsgurtbandes und des Pavillons, bei denen ein besonders starker Kostendruck existiert, nachgewiesen werden, dass dieser entweder zu einer direkten Zunahme an textilen Produktionsabfällen oder zu einer indirekten Zunahme an textilen Abfällen durch die Verringerung der Produktlebensdauer führt.

In dem Lebensweg der ausgewählten Technischen Textilartikel werden von sechs zur Zeit diskutierten Strategien zur Abfallreduzierung, (1) der Verlängerung der Lebensdauer, (2) der Kreislaufführung, (3) der Minimierung der Masse, (4) der Minimierung problematischer Materialien, (5) der biologischen Abbaubarkeit und (6) der neuen Nutzungsformen, bislang zwar vier Strategien realisiert. Diese besitzen aber nur eine geringe Reichweite und daneben auf Grund der marginalen Umsetzung und/oder existierender Zielkonflikte nur ein geringes Abfallreduzierungspotenzial.

Die Aussage, dass die in den letzten Jahren diskutierten Strategien zur Abfallreduzierung mit dem Ziel der nachhaltigen Entwicklung bislang am Produktbereich der Technischen Textilien so gut wie vorbeigegangen sind, trifft auf das Baumwollzelt nur zum Teil zu, da sich hier erste positive Ansätze zur Abfallreduzierung zeigen. So wird die lange Lebensdauer des Zeltes insbesondere auf Grund der intensiven Kommunikation zwischen den Akteuren der Herstellungs- und der Gebrauchsphase ermöglicht. Dies stellt insbesondere im Vergleich mit anderen Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette, die auf eine Abfallreduzierung abzielen, eine Besonderheit dar. Viele Projekte, die dem Stoffstrommanagement zugeordnet werden können, beschränken sich insbesondere auf eine Vernetzung der Akteure der Herstellungsphase und unterschätzen die Bedeutung des Wissens und der Erfahrungen der Nutzer.

Auffallend sind die verschiedenen produktorientierten Dienstleistungen, die der Hersteller in der Gebrauchsphase des Baumwollzeltes anbietet, wie die kostenlose Reparatur, die ständige Verfügbarkeit als Ansprechpartner für Nutzer und die Übernahme weitreichender Garantien.

Das Abfallreduzierungspotenzial der Strategie der Lebensdauererlängerung wird beim Baumwollzelt jedoch durch die chemische Ausrüstung vermindert. Hier wird der Konflikt zwischen der Strategie der Effizienz und der Strategie der Konsistenz sichtbar. Das Zelt besitzt eine lange Lebensdauer, die auch von der Verwendung von Ausrüstungschemikalien abhängig ist. Da die für die Ausrüstung verwendeten Chemikalien öko- oder humantoxikologisch wirken, wird durch Verwendung der chemischen Ausrüstung gleichzeitig die Konsistenz des Zeltes verringert bzw. zerstört. Es ist grundsätzlich abzuwägen, ob der Erhöhung der Ressourcenproduktivität oder der schadlosen Gestaltung der Stoffströme mehr Bedeutung zugemessen wird.

Die bislang im Lebensweg der Fallbeispiele umgesetzten Strategien zur Abfallreduzierung zählen in der Regel zu den Effizienzstrategien. Sie verringern die Menge an Material, die für die (Produktions-)Leistung eingesetzt wird. Konsistenzstrategien, die die Veränderung der Beschaffenheit von Stoffen beinhalten, sind dagegen kaum zu finden. Da die Konsistenzstrategien darauf abzielen, die Stoffe relativ schadlos in den Naturhaushalt zurückzuführen, bieten sie ein besonders hohes Abfallreduzierungspotenzial. Ihre Umsetzung stellt im Vergleich zu den bislang realisierten Effizienzstrategien jedoch wesentlich höhere Anforderungen an die Akteure, beispielsweise in Bezug auf die Kommunikation. Die Umsetzung von Konsistenzstrategien führt daneben in der Regel auch zu grundlegenden Veränderungen in der Akteurskette und den Stoffströmen, wovor bislang noch viele Akteure zurückschrecken.

Im Lebensweg aller Fallbeispiele könnten Strategien zur Abfallreduzierung mit einem hohen Abfallreduzierungspotenzial umgesetzt werden. Zur Zeit werden sie auf Grund ungünstiger Rahmenbedingungen nur von besonders innovativen Akteuren im Rahmen von Projekten realisiert. Bislang ist die staatliche Umweltpolitik im Sinne einer Abfallreduzierung nicht erfolgreich. Eine umfassendere und weitreichendere Umsetzung von Strategien zur Abfallreduzierung wird aber nur bei entsprechend fördernden Rahmenbedingungen stattfinden. Zur Zeit zeigen sich erste interessante Veränderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen für einzelne Produktgruppen, zu deren Bestandteilen auch Technische Textilien gehören. Dazu zählen das Altautogesetz und die Richtlinienentwürfe des Europaparlamentes zu Elektroschrott. In beiden Gesetzen wird den Herstellern die Produktverantwortung übertragen. Darüber hinaus wird die Verwendung einzelner gefährlicher Chemikalien verboten und der Anteil des Produktgewichtes, der mindestens einer Verwendung oder stofflichen Verwertung zugeführt werden muss, festgelegt. Diese rechtlichen Rahmenbedingungen können im Lebensweg der Technischen Textilien, die im Auto und in Elektrogeräten eingesetzt werden, zu einer Realisierung der im Rahmen der vorliegenden Arbeit diskutierten Strategien zur Abfallreduzierung beitragen.

Literaturverzeichnis

Altenhövel, Oliver (1997): Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben: Erstellung einer Datenbasis für das Recycling und die Entsorgung von Produktionsabfällen in der Textil- und Bekleidungsindustrie und für Alttextilien – Analyse der Logistik und des Standes der Technik des Textilrecycling. Teilvorhaben: Ergebnisse zu ausgewählten Einsatzgebieten von Textilien im Objekt- und Kontraktbereich – Automobiltextilien, Krankenhauswesen, Beherbergungsgewerbe und Geotextilien. UBA-Förderungskennzeichen: 1470943, Arbeitspapier Nr. 34 der FATM, 1997

Anger, Vinzenz; Chwala August; Chwala, Christl (1977): Handbuch der Textilhilfsmittel. Weinheim, New York: Verlag Chemie, 1977

Arbeitgeberkreis Gesamttextil (1997): Ausbildungsmittel - Unterrichtshilfen Textiltechnik, Technische Textilien, Faserwerkstoffe und Anwendungsbeispiele. 2. Auflage, Heidelberg: Spectra, 1997

Ax, Christine (2001): Das Maß aller Dinge – Die kundenindividuelle Fertigung bietet eine ökologische und ökonomische Alternative zur Überproduktion. In: Müllmagazin (2001), Heft 1, S. 17-18

Bäckmann, Reinhard (1991): Markt und Marketing für technische Textilien. In: Textilpraxis International, Mitteilungsblatt des Vereins deutscher Färber, Band 46 (1991), Heft 11, S. 1199-1208

Balmer, P.; Martin, E.; Remund, P. (1977): Beschädigung von Autosicherheitsgurten durch Gebrauch und Schock. In: Der Verkehrsunfall (1977), Heft 7/8, S. 155-161

Begemann, Walter (1998): Gesamtverband der Textilindustrie in der Bundesrepublik Deutschland, Gesamttextil e.V., persönliche schriftliche Mitteilung 1998

Behr; Behrendt (2000): Öko-Rent im Bereich Heimwerken, Baueigenleistungen und Gartenpflege, Fallstudien im Rahmen des Projektes: Eco-Services for Sustainable Development in the European Union. Projektendbericht des Instituts für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Eigenverlag, 2000

Betram, Heinz-Ulrich; Zeschmar-Lahl, Barbara (2000): Stichhaltige Gründe – Die Erfassung von „Biokunststoffen“ über die Biotonne ist aus Sicht der Abfallwirtschaft abzulehnen. In: Müllmagazin (2000), Heft 1, S. 46-50

Bierter, Willy (2001): Walking the Talk – Nachhaltigkeit erfordert die gegenseitige Unterstützung ökologischer und wirtschaftlicher Entwicklungen am Beginn eines Wirtschaftszyklus. In: Müllmagazin (2001), Heft 1, S. 13-16

Blebschmidt, D.; Kittelmann, K.; Lindner, R. (1996): Aufbereitung und Verwertung von Polyolefinabfällen aus Folientextilien und Spinnvlies. In: Technische Textilien (1996), Heft 3, S. 160-162

- Blumberg, H.; Droste, R. (1979): Anforderungen an technische Chemiefasern am Beispiel Autosicherheitsgurte. In: Chemiefasern/Textilindustrie, Band 81 (1979), Heft 2, S. 127-131
- Böttcher, Peter (1992): Verwertung von Abfällen der Textil- und Chemiefaserindustrie in den 5 neuen Bundesländern. In: Chemiefasern, Textilindustrie (1992), Juni, 42./94. Jahrgang, S. 498-501
- Brandrup, Johannes (Hrsg.), (1995): Die Verwertung von Kunststoffen. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 1995
- Bras, Bert (1997): Incorporating Environmental Issues in Product Design and Realization. In: Industry and Environment, Band 20 (1997), Heft 1/2, S. 7-13
- Braungart, Michael R.; McDonough, William A. (1999): Die nächste industrielle rEvolution. In: Politische Ökologie (1999), Heft 62, September, S. 18-22
- Brinkmann, Thomas; Ehrenstein, Gottfried W.; Steinhilper, Rolf (1994): Umwelt- und recycling-gerechte Produktentwicklung: Anforderungen, Werkstoffwahl, Gestaltung, Praxisbeispiele. Augsburg: Weka Fachverlag, 1994
- Brüning, Ralf (2000): Recycling elektr(on)ischer Geräte – Die Arbeiten an der Richtlinie VDI 2343 stehen kurz vor dem Abschluss. In: Müllmagazin (2000), Heft 3, S. 39-43
- Brundlandt (1987): Our Common Future. Dt.: V. Hauff (Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft. Greven, 1987
- Brunner, P. H. (1992): Der Regionale Stoffhaushalt – Methodik, Resultate und Folgerungen. In: Österreichische Wasserwirtschaft, Sonderdruck (1992) Heft 3/4, S. 57-64
- Bujanowski, Anja; Braungart, Michael; Sinn, Christine (1998): Primitives Produktdesign – Aus vielen Produkten des alltäglichen Gebrauchs gasen gesundheitsgefährliche Chemikalien aus. In: Müllmagazin (1998), Heft 2, S. 24-26
- Daimler, B. H. (1975): Technische Textilien – Anwendungsbereich und Abgrenzung. In: Textilbetrieb, Fachzeitschrift für die Textilindustrie (1975), Mai, S. 38-41
- Dalland, Todd (1987): Developing Standards in the Tent Rental Industry. In: Industrial Fabric Products Review (1987), März, S. 34
- De Man, Reinier et al. (1997): Aufgaben des betrieblichen und betriebsübergreifenden Stoffstrommanagements. Texte 11/97, Umweltbundesamt, Eigenverlag, 1997
- De Man, Reinier (1999): Stoffstrommanagement – Lernprozess für Staat und Wirtschaft. In: Brickwedde Fritz (Hrsg.): Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, 4. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. Osnabrück: Steinbacher Druck GmbH, 1999, S. 61-67

DIN-Norm 54900 (1998): Prüfung der Kompostierbarkeit von Kunststoffen. Deutsches Institut für Normung 1998

Dönnebrink, Hendrik (1998): Die Sammlung und Verwertung von Alttextilien - eine empirische Analyse vor dem Hintergrund der Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Forschungsstelle für allgemeine und textile Marktwirtschaft, Schriften zur Textilwirtschaft, Band 51, Münster, 1998

Don Strinz Tipi (2000) Zelthersteller, 2325 West O`Street road, Milford, NE 68405, im Internet: <http://www.strinz.com>

Dragonwing (2000), Zelthersteller, P.O. Box 13322, Sacramento, CA 95813-3322, im Internet: <http://www.midtown.net/dragonwing/>

Ehrler, P.; Maute, K.-H. (1986): Überlegungen zu einer Gliederung des Arbeitsgebietes Technische Textilien. In: Chemiefasern, Textilindustrie (1986), Oktober, 36./88. Jahrgang, S. 102-105

Egbers, G. (1986): Technische Textilien – ein Wachstumsmarkt. In: Chemiefasern/Textilindustrie (1986), 36./88. Jahrgang, S. 100

Empacher, C.; Götz, K.; Kluge, T.; Schramm, E.; Weller, I. (2000): Konsumbezogene Innovations-sondierung. Veränderte Produktgestaltung durch Berücksichtigung von ökologischen und Nutzungsansprüchen. Studientexte des Instituts für sozial-ökologische Forschung, Frankfurt am Main, 2000

Engels, Harald; Sternberg, Britta (1991): Überprüfung der Rezyklierfähigkeit beim Aufbereitungsprozess gebrauchter Autosicherheitsgurte (ASG) zu PES-Filamenten und deren Wiederverwendungseigenschaften für den gleichen Anwendungsbereich. In: Band- und Flechtindustrie, Band 31 (1991), Heft 4, S. 4-19

Enquete-Kommission (Hrsg.), (1994): Die Industriegesellschaft gestalten, Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bonn: Economica Verlag GmbH, 1994

Enquete-Kommission (Hrsg.), (1995): Studienprogramm Umweltverträgliches Stoffstrommanagement, Band 4, Anwendungsbereich Textilien. Bonn: Economica Verlag GmbH, 1995

Fegely, John C. (1984): Industrial Narrow Fabrics. In: Industrial Fabric Products Review, Band 60 (1984), Heft 10, S. 114-117

Fachinformationszentrum Technik (1997): Nachrichten, Ausgabe 97/2. Fiz-Technik-Informationsdienst Textiltechnik, Bekleidungstechnik, Textilmaschinenbau - Fachinformationszentrum Technik, Frankfurt am Main, im Internet unter <http://fizweb.fiz-technik.de>

Fleischle, Wolfgang (1998): Ein neuer Begriff für eine alte Sache. In: Maschen-Industrie, internationales Fachmagazin der Maschentechnik, Maschenveredlung, Maschenkonfektion, Maschentrends, Band 48 (1998), Heft 11, S. 640-642

- Ford, John (1995): Polyolefin Textiles. In: Textiles Magazine, Band 24 (1995), Heft 3, S. 11-15
- Four Season Tentmasters (2000), Zelthersteller, 4221 Livesay Rd., Sand Creek, MI, 49279, im Internet: <http://www.tentmasters.com>
- Fourné, Franz (1997): Textile und technische Fäden und Fasern. In: GAK, Gummi, Fasern, Kunststoffe. Fachmagazin für die Polymerindustrie (1997), Heft 2, S. 131-133
- Friege, Henning; Engelhardt, Claudia; Henseling, Karl Otto (Hrsg.), (1998): Das Management von Stoffströmen: Geteilte Verantwortung – Nutzen für alle. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 1998
- Fritz, Karin; Henseling, Karl Otto (2000): Stoffstromsteuerung durch Produktregulierung: Problemaufriss und –analyse. In: Stoffstromsteuerung durch Produktregulierung. Rechtliche, ökonomische und politische Fragen, Umweltrechtliche Studien, Band 26 (2000), S. 13-24
- Fuchs, H. (1995): Grenzbereiche für die stoffliche Verwertung von Textilabfällen. In: Technische Textilien (1995), Juni, 38. Jahrgang, S. 83-87
- Gehrmann, Wolfgang (2001): BH denkt mit: Kleider, die keinen Geruch annehmen, Teddys, die heilen. Strümpfe, die pflegen: High-Tech-Fasern revolutionieren eine Branche. In: Die Zeit (2001), Nr. 49
- Giarini, Orio; Stahel, Walter (1989): The Limits of Certainty – facing risks in the new service economy. Dordrecht/ Boston: Kluwer Academic Publishers, 1989
- Gleich, Arnim von; Gottschick, Michael; Jepsen, Dirk (2001): Wettbewerbsfähigkeit durch Nachhaltigkeitsorientierung. In: Ökologisches Wirtschaften (2001) Heft 1, S. 17-19
- Grebe, Regina; Rabe, Maike (2000): Polyester with new Titanium Dioxide Catalyst „C-94“. In: Produkte für morgen. DWI-Reports, 123. Aachener Textiltagung, 2000, S. 119-128
- Gulich, Bernd (1996): Untersuchungen zum Einfluß textiler Materialstrukturen und der mechanischen Beanspruchung beim Reißprozeß auf den Auflösungsgrad und die Länge von Reißfasern. Schlußbericht des AiF – Forschungsvorhabens Nr. 9726 B, Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. Chemnitz, 1996
- Hardage, Charles (1982): For Easy Steps to Mildew Control. In: Industrial Fabric Products Review, Band 58 (1982), Heft 12, S. 38-40
- Henseling, Karl Otto (1999): Stoffstrommanagement aus gesamtwirtschaftlicher Sicht – Umwelthandlungsziele als Orientierungspunkte. In: Brickwedde, Fritz (Hrsg.): Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, 4. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. Osnabrück: Steinbacher Druck GmbH, 1999, S. 49-60
- Hensen, F. (1991): Herstellung von Polyolefin-Folienbändchen (Stand der Technik). In: Chemiefasern/Textilindustrie (1991), Heft 10, S. 1185-1190

Hirschberger, Doris; Ostertag, Karin (2001): Möbelhaus mit Zukunft. Öko-effiziente Dienstleistungs- und Nutzungskonzepte im Heimmöbelbereich bieten der Möbelbranche neue Marktchancen. In: Müllmagazin (2001), Heft 1, S. 19-22

Hirschl, Bernd; Scholl, Gerd Ulrich; Tibitz, Frank (1998): Produkte länger und intensiver nutzen. Zur Systematisierung und ökologischen Beurteilung alternativer Nutzungskonzepte. Schriftenreihe des IÖW 134/98, Heidelberg/Berlin, 1998

Hoffmann, Arno; Pansegrau, Joachim (1997): Empirische Untersuchungen zur gemeinschaftlichen Nutzung von Gebrauchsgütern. In: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Nutzen statt Besitzen. Mieten, Teilen, Leihen von Gütern – Ein Zukunftsmodell? Heft 47, 1997, S. 15-148

Hoffmann, Esther; Weiland, Ulrike (1999): Das Konzept Nachhaltigkeit. In: Hoffmann, Esther; Hofmeister, Sabine; Weller, Ines (Hrsg.): Nachhaltigkeit und Feminismus: Neue Perspektiven – alte Blockaden. Bielefeld, 1999

Hofmeister, Sabine (1998): Von der Abfallwirtschaft zur ökologischen Stoffwirtschaft. Wege zu einer Ökonomie der Reproduktion. Opladen/Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 1998

Horsch, G.; Sieljack, V. (1993): Sicherheitsgurte lassen sich rezyklieren – Perspektiven der Polyester-Rückgewinnung. In: Kunststoffe, Band 83 (1993), Heft 4, 1993, S. 270-275

Huber, Joseph (1995): Nachhaltige Entwicklung durch Suffizienz, Effizienz und Konsistenz. In: Fritz, P.; Huber, J.; Levi, H.-W. (Hrsg.): Nachhaltigkeit in naturwissenschaftlicher und sozialwissenschaftlicher Perspektive. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 1995, S. 31-46

Huber, Joseph; Hofmeister, Sabine; Gleich, Arnim von (1999): Wege nach Ökotopia – eine Gesprächsrunde. In: Politische Ökologie (1999) September, Heft Nr. 62, S. 8-12

Hübner, Renate (2001): Gut trennen und besser nutzen – Neben der Optimierung der Abfallvorsammlung müssen Ansätze für eine höhere Nutzungsintensität und –dauer von Gütern entwickelt werden. In: Müllmagazin (2001), Heft 1, S. 23-26

Jänecke, Martin (1998): Messe Frankfurt, Tectextil, persönliche schriftliche Mitteilung 1998

Katz, Christine; Looß, Anneliese (1995): Abfallvermeidung – Strategien, Instrumente und Bewertungskriterien. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 1995

Kälin, Albin (1999): Stoffstrommanagement in der betrieblichen Praxis am Beispiel der Rohner Textil AG. In: Brickwedde, Fritz (Hrsg.): Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, 4. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. Osnabrück: Steinbacher Druck GmbH, 1999, S. 125-141

Kiessling, Alois; Matthes, Max (1993): Textil-Fachwörterbuch. Berlin: Fachverlag Schiele & Schön GmbH, 1993

- Klein, J.; Müller, R.-J.; Witt, U. (1997): Biologisch abbaubare Polymere – Status und Perspektiven. Braunschweig: Eigendruck Franz-Patat-Zentrum, Wissenschaftliches Forum für Interdisziplinäre Polymerforschung e.V., 1997
- Kloos, V.C. (1999): Ästhetische Dimensionen von Farbe und Material im Automobil. In: Tagungsband der 38. Internationalen Chemiefasertagung, Dornbirn/Austria, 15.-17. September 1999, Wien: Eigendruck des Österreichisches Chemiefaser-Institutes, 1999, ohne Seitenangabe
- Koch, P.-A. (1993): Faserstoff-Tabellen, Polyesterfasern. In: Institut für Textiltechnik (Hrsg.), Sonderdruck aus Chemiefasern/Textilindustrie (1993), 43./95. Jahrgang
- Koenig, S. (1987): Präparationen für synthetische Industriefilamentgarne. In: Chemiefasern/Textilindustrie, Band 35 (1987), Heft 11, S. 110-113
- Koslowski, Hans J. (1997): Chemiefaser-Lexikon: Begriffe, Zahlen, Handelsnamen. 11. Auflage, Frankfurt am Main: Dt. Fachverlag, 1997
- Krässig, Hans (1975): Folienbändchen und Splitter- bzw. Spaltfasern. In: Faserforschung und Textiltechnik, Zeitschrift für Polymerforschung, Band 26 (1975), Heft 3, S. 135-142
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/AbfG), Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen, vom 27. September 1994, zuletzt geändert durch Artikel 8 des Gesetzes vom 2. August 2001
- Krummheuer, Wolf R.; Scobel, Michael (1993): Recycling and Disposal of Industrial Fabrics. In: Journal of Coated Fabrics, Band 23 (1993), Oktober, S. 105-123
- Landesamt für Umweltschutz Baden Württemberg (Hrsg.), (1996): Allgemeine Kreislauf- und Rückstandswirtschaft, Intelligente Produktionsweisen und Nutzungskonzepte. Handbuch Abfall 1, Karlsruhe, 1996
- Landmann, Ute (1999): Was leisten Label und Umweltzeichen zum Stoffstrommanagement? Das Beispiel Textilien. In: Brickwedde, Fritz (Hrsg.): Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, 4. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. Osnabrück: Steinbacher Druck GmbH, 1999, S. 95-107
- Leckenwalter, R. (1992): Recycling – Herausforderung für die Entwicklung technischer Textilien. In: Technische Textilien (1992), Juli/August, S. 106-107
- Looß, Anneliese (1998): Fortschritt auf Raten – Der Weg von der Recycling- und Kreislaufwirtschaft zur Vermeidung erfordert eine Stoffstromreduktion. In: Müllmagazin (1998), Heft 2, S. 15-17
- Lüßmann-Geiger, Heiko (1999): Emissionen aus textilhaltigen Materialien im Kfz-Innenraum und deren Reduzierung. In: Tagungsband der 38. Internationalen Chemiefasertagung, Dornbirn/Austria, 15.-17. September 1999. Wien: Eigendruck des Österreichisches Chemiefaser-Institutes, ohne Seitenangabe

Magerl, S.; Schlothfeld, M. (1998): Hautnah. Das sind die Stoffe, die uns morgen anziehen. In: Die Zeit, Magazin Mode Special (1998), Nr. 13, S. 24-27

Meuser, M.; Nagel, U. (1991): ExpertInneninterviews – vielfach erprobt, wenig bedacht: Ein Beitrag zur qualitativen Methodendiskussion. In: Garz, D.; Kraimer, K. (Hrsg.): Qualitative empirische Sozialforschung: Konzepte, Methoden, Analysen. Opladen, 1991, S. 441-447

Meyer, Thomas (2002): Schwachstellen im System – Eine Untersuchung der Emissionsfrachten und Recyclingquoten zeigt den Optimierungsbedarf beim PC-Recycling auf. In: Müllmagazin (2002), Heft 1, S.41-43

Mielke, A. (1997): Einsatz moderner opto-elektrischer Systeme bei der Herstellung von Filamentgarnen für Airbags und Gurte zur Sicherung der Produktqualität. In: Tagungsband der 36. Internationalen Chemiefasertagung, Dornbirn/Austria, 17.-19. September 1997. Wien: Eigen-druck des Österreichisches Chemiefaser-Institutes, ohne Seitenangabe

Modtler, R. (1994): Grobfilamentige Garne für Autosicherheitsgurte. In: Technische Textilien, Band 44 (1994), Heft 7/8, S. 82

N.N. (1997): Westeuropa: Chemiefasermärkte für Technische Textilien. In: Technische Textilien, Band 40 (1997), Heft 1, S. 3

N.N. (2001): Europaparlament diskutiert Richtlinienentwürfe zu Elektronikschrott-Recycling und gefährlichen Stoffen. In: Müllmagazin (2001), Heft 2, S. 4-5

Panther Primitives (medieval tents) (2000), Zelthersteller, PO Box 32, Normantown, WV 25267, im Internet: <http://www.panthersprimitives.com>

Peter, Max; Rouette, Hans Karl (1989): Grundlagen der Textilveredelung: Handbuch der Technologie, Verfahren und Maschinen. 13. überarbeitete Auflage, Frankfurt am Main: Dt. Fachverlag GmbH, 1989

Pesch, Gottfried (1972): Die Bedeutung der Industrietextilien (technische Textilien) für den Gesamtumsatz der Textilindustrie. In: Zeitschrift für allgemeine und textile Marktwirtschaft, Forschungsstelle für allgemeine und textile Marktwirtschaft an der Universität Münster (Hrsg.), (1972), Heft 1, Münster

Peters, Michael (1997), Vortrag anlässlich der Pressekonferenz Techtexil am 12. Mai 1997

Prittitz, Volker von (1988): Gefahrenabwehr – Vorsorge – Ökologisierung – Drei Idealtypen der Umweltpolitik. In: Simonis, U.E. (Hrsg.): Präventive Umweltpolitik. Frankfurt am Main, New York, 1988, S. 49-63

Rachut, Gunda; Christiani, Joachim (2001): Zielgerade noch nicht erreicht – in vielen Verwertungsbetrieben können Defizite bei der Umsetzung der Altautoverordnung festgestellt werden. In: Müllmagazin (2001), Heft 1, S. 54-58

- Rauberger, Rainer (1999): Umweltkostenmanagement in der Textilindustrie – Erfahrungen aus einem Modellprojekt bei der Kunert AG. In: Brickwedde Fritz (Hrsg.): Stoffstrommanagement – Herausforderung für eine nachhaltige Entwicklung, 4. Internationale Sommerakademie St. Marienthal. Osnabrück: Steinbacher Druck GmbH, 1999, S. 219-228
- Rigby David, Associates (1997): The world technical textile industry and its markets: Prospects to 2005, a Report prepared for Techtexil Messe Frankfurt GmbH. Manchester, 1997
- Rouette, Hans-Karl (1995): Lexikon für Textilveredlung. Dülmen: Laumann-Verlag, 1995
- Scholl, Gerd (2000): Zwischen Vision und Machbarkeit. In: Ökologisches Wirtschaften (2000), Ausgabe 5, S. 10
- Schramm, Engelbert et al. (1996): Stoffflüsse ausgewählter umweltrelevanter chemischer Stoffe: Beispiele für ein Produktliniencontrolling. Umweltforschungsplan, Forschungsbericht 104 08 509, Berlin: Eigendruck Umweltbundesamt, 1996
- Society of creative Anachronism (2000): im Internet: <http://www.estrellawar.org>, www.sca.org
- Spanke, Volker (1998): Untersuchungen zur Aufbereitbarkeit von Shredderleichtfraktionen vor dem Hintergrund der Altautoverordnung. In: Forschung, Technik und Innovation, Band 23 (1998), S. 99-104
- Stahel, Walter R. (2001): Mut zum Umdenken – Der Übergang von der Industrie- zu einer nachhaltigen Performance-Gesellschaft hat längst begonnen. In: Müllmagazin (2001), Heft 1, S. 8-12
- Stausberg, G. (1996): Optimized line design for higher requirements in tape extrusion. In: Chemical Fibers International, Band 46 (1996), Heft 5, S. 339-342
- Stefan's Florilegium, Dokumentation der E-mail-Diskussionen zwischen Zeltnutzern, im Internet: <http://www.florilegium.org> (2000)
- Stewart, Louise Helen (1999): Recyclingpotentiale unverträglicher Werkstoffe – Trennung von Stoffverbindungen. Dissertation an der TU Berlin, 1999, im Internet: http://edocs.tu-berlin.de/diss/1999/stewart_louise.htm
- Tentsmiths (2000), Zelthersteller, Box 1748, 87 Main street conway, NH 03818, im Internet: <http://www.tentsmiths.com>
- Thraen, Daniela; Soye, Konrad; Eimer, Petra; Voelker, Diana; Koller, Matthias (1999): Nachhaltiges Stoffstrommanagement als Bestandteil von regionaltypischen Konzepten für ein nachhaltige zukunftsfähige Entwicklung im Land Brandenburg. In: Nachhaltigkeit – Bilanz und Ausblick, Symposium des Umweltforschungszentrums Leipzig/Halle, Leipzig 1997, 19-20. Juni, 1999, S. 99-113
- Tiltmann, Karl O. (Hrsg.), (1996): Recyclingpraxis Kunststoffe, der Abfallberater für Industrie, Handel und Kommunen. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH, 1996

Tischner, Ursula (1998): Design mit Zukunft – Strategien zur Abfallvermeidung erfordern eine ganzheitliche Produkt- und Servicegestaltung. In: Müllmagazin (1998), Heft 2, S. 18-23

VDA (2001), Verband der Automobilindustrie, 2001, im Internet: <http://www.vda.de>

VDI Richtlinie 2243 (1993): Konstruieren recyclinggerechter technischer Produkte. Düsseldorf/Berlin: Beuth Verlag, 1993

Weller, Ines (1999): Ökologische Stoff- und Produktinnovationen. In: Hoffmann, Esther; Hofmeister, Sabine; Weller, Ines (Hrsg.): Nachhaltigkeit und Feminismus: Neue Perspektiven – alte Blockaden. Bielefeld, 1999, S. 133-149

Weller, Ines; Hayn, Doris; Schultz, Irmgard (2001): Geschlechterverhältnisse, nachhaltige Konsummuster und Umweltbelastungen. Vorstudie zur Konkretisierung von Forschungsfragen und Akteurskooperationen. BMBF-Sondierungsstudie, Förderkennzeichen: 07SOE34, Abschlussbericht, 2001

Zimmermann, Heiner (1982): Spinnfärbung von Polyesterfasern – eine zeitgemäße Ergänzung der Naßverfahren. In: Chemiefasern/Textilindustrie, Band 32 (1982), Heft 9, S. 663-667

Zundel, Stefan; Bunke, Dirk; Schramm, Engelbert; Steinfeldt, Michael (1998): Stoffstrommanagement: Zwischenbilanz einer Diskussion. In: Zeitschrift fuer Umweltpolitik und Umweltrecht. Band 21 (3), 1998, S. 317-339

Anhang

Interviewleitfaden/Fragebogen Fallbeispiel Pavillon

Fragen an den Großhandel/Konfektionär

- Seit wann bieten Sie Pavillons an? Wie ist Ihr Unternehmen dazu gekommen, Pavillons anzubieten?
- Wie gestaltet sich zur Zeit der Markt für Pavillons?
- Welche Pavillonarten bieten Sie an?
- In welchem Zyklus werden neue Pavillons angeboten? Welche Rolle spielen dabei modische Aspekte?
- Welcher Anteil an Pavillons wird im Auftrag Ihres Unternehmens konfektioniert, welcher Anteil an Pavillons wird fertig konfektioniert gekauft?
- Aus welchen Ländern stammen die Pavillons und wie unterscheiden sich diese von den im Auftrag Ihres Unternehmens konfektionierten Pavillons?
- Aus welchen textilen Material werden die Pavillons angeboten? Nach welchen Kriterien wird das textile Material ausgesucht ?
- Welche Anforderungen soll das Gewebe des Pavillons erfüllen? Gibt es eine Art Pflichtenheft für die liefernden Betriebe?
- Werden bei der Herstellung textile Sekundärrohstoffe verwendet?
- Wie wird das Gewebe ausgerüstet?
- Werden die Zeltformen so gewählt, dass beim Zuschnitt möglichst wenig textiler Abfall anfällt?
- Kennen Sie die durchschnittliche Lebensdauer Ihrer Pavillons? Welche Lebensdauer wird den Pavillons aufgrund welcher Kriterien gegeben?
- Ist Ihr Unternehmen bestrebt, die Lebensdauer des Pavillons zu verlängern? Gegebenenfalls mit Hilfe welcher Maßnahmen (Qualität, Ausrüstung, Konstruktion)?
- Wissen Sie, was mit den Pavillons nach dem Gebrauch geschieht?
- Welche wesentlichen Prozesse umfasst die Herstellung des Pavillons?
- Wie groß ist der Anteil der textilen Produktionsabfälle bei der Konfektionierung?
- Was geschieht mit den textilen Produktionsabfällen?
- Nach welchen Kriterien werden Zulieferer und Vertragsveredler ausgewählt? Welche Informationen erhalten Sie von diesen Unternehmen?

- Berücksichtigen Sie die Wünsche Ihrer Kunden bei der Herstellung der Pavillons?

Fragen an den Versandhandel

- Können Sie mir die Namen der wichtigsten Hersteller bzw. Anbieter von Pavillons in Deutschland nennen?
- Seit wann führen Sie den Pavillon aus Polyethylengewebe in Ihrem Sortiment?
- Wieviele Pavillons verkaufen Sie etwa pro Jahr?
- Gibt es aktuelle Trends für Pavillons zum Beispiel in Bezug auf die Kosten oder das Material?
- Kennen Sie die Schwachstellen der Pavillons aus Polyethylengewebe?
- Kennen Sie die durchschnittliche Lebensdauer der Pavillons aus Polyethylengewebe?
- Erhalten Sie Informationen von den privaten Nutzern und geben Sie diese ggf. an die Hersteller weiter?

Fragen an die Nutzer

- Wann wurde der Pavillon gekauft?
- Wo wurde er gekauft (Name der Handelskette)?
- Wie teuer war der Pavillon in etwa?
- Welche Firma hat ihn hergestellt?
- Auf was wurde beim Kauf besonders geachtet (Preis, Farbe, Material, Form, Eigenschaften....)?
- Wirkt der Pavillon qualitativ hochwertig (stabile Nähte, relativ gutes Gewebe etc.)?
- Aus welchem Material besteht der Pavillon? (z.B. Polyester, Polyethylen)
- Ist der Pavillon bereits gerissen? Wenn ja, wann und an welchen Stellen?
- Wurde er repariert? Falls ja, wie?
- Wann zeigte er erste Verschleißerscheinungen (welche) bzw. wurde unansehnlich?
- Falls Sie bereits einen Pavillon besessen und entsorgt haben: Wie lange wurde er genutzt, warum wurde er ausgemustert und wohin wurde er entsorgt?
- Wohin wird der jetzige Pavillon voraussichtlich entsorgt?
- Für was verwenden Sie den Pavillon?
- Wie oft wird er im Jahr genutzt?
- Lässt er sich leicht auf- und abbauen?
- Welches sind Ihre Anforderungen an den Pavillon?
- Was würden Sie an dem Pavillon verbessern (Material, Konstruktion etc.)?
- Was gefällt Ihnen am Pavillon besonders gut?

Interviewleitfaden/Fragebogen Fallbeispiel Baumwollzelt**Fragen an die Zelthersteller**

- Wie sind Sie dazu gekommen, Zelte aus Baumwolle anzubieten?
- Wieviele Zelte aus Baumwollgewebe stellen Sie jährlich etwa her?
- Stellen Sie auch Zelte aus synthetischen Fasern her?
- Verleihen Sie Ihre Zelte auch? Ist der Zeltverleih ein ökonomisch wichtiger Faktor in Ihrem Unternehmen?
- Reparieren Sie die von Ihnen verkauften Zelte? Stellt die Reparatur einen ökonomisch wichtigen Faktor in Ihrem Unternehmen dar?
- Wie gestaltet sich Ihrer Einschätzung nach der Markt für Zelte aus Baumwolle in den letzten Jahren? Welches sind ggf. Gründe für diese Entwicklung?
- Können Sie Ihre Kunden näher beschreiben? Gehören diese in der Regel zu einer bestimmten Nutzergruppe?
- Verkaufen Sie direkt an Ihre Kunden oder auch an Zwischenhändler?
- Werden Sie in der Regel von Ihren Kunden über deren Erfahrungen beim Gebrauch der Zelte informiert?
- Was wird von Kunden besonders häufig bemängelt?
- Inwieweit werden Anforderungen von Kunden an das Material bzw. die Konstruktion von Ihnen bei der Produktion berücksichtigt?
- Von welcher Firma/welchen Firmen beziehen Sie das Gewebe?
- Was wissen Sie über die Herstellung des Baumwollgewebes (Herkunft der Baumwolle, Hilfsmittel bei der Spinnerei und Weberei)?
- Können Sie Einfluss nehmen bzw. nehmen Sie Einfluss auf die Herstellung des Gewebes?
- Wie ist das Gewebe ausgerüstet?
- Welche Chemikalien werden bei dieser Ausrüstung und der Färbung eingesetzt?
- Welcher Anteil des Stoffes fällt bei der Konfektion der Zelte durchschnittlich als Abfall an?
- Was geschieht mit diesen textilen Abfällen?
- Aus welchem Material sind die Zeltstangen?
- Können Sie Aussagen dazu machen, wie lange die chemische Ausrüstung des Zeltgewebes in etwa hält?
- Welche Pflege benötigt das Zelt während des Gebrauchs?
- Kennen Sie die durchschnittliche Lebensdauer Ihrer Zelte?

- Ist es möglich, Baumwollzelte auch als Saisonzelte (Stellzeit: 1-6 Monate) oder als permanente Zelte (Stellzeit: 6 Monate und länger) zu verwenden? Falls es möglich ist, brauchen Baumwollzelte für längere Stellzeiten eine spezielle Ausrüstung?
- Nehmen Sie die gebrauchten Zelte zurück? Falls ja, was machen Sie damit?
- Welches sind Ihrer Ansicht nach die größten Hemmnisse für den Verkauf von Baumwollzelten?
- Welches sind Ihrer Einschätzung nach fördernde Faktoren für den Verkauf der Baumwollzelte im Vergleich zu Zelten aus synthetischen Fasern?
- Haben Sie Erfahrung mit Bränden von flammhemmend ausgerüsteten und nicht-flammhemmend ausgerüsteten Zelten gemacht? Halten Sie die flammhemmende Ausrüstung für notwendig?

Fragen an die Nutzer

- Wann wurde das Baumwollzelt gekauft?
- Bei welchem Zelthersteller wurde es gekauft?
- Wie oft wird das Zelt im Jahr genutzt?
- Bei welchem Klima wird er in der Regel genutzt?
- Auf was wurde beim Kauf besonders geachtet? (z.B. Preis, Form, Material, Ausrüstung, Garantie)
- Was wissen Sie über das Gewebe des Zeltens?
- Welches waren Ihre Gründe, sich für dieses Gewebe zu entscheiden? (ökol., authentisch, Eigenschaften, Überzeugung durch die Zelthersteller)
- Welche Anforderungen an die Lebensdauer des Zeltens haben Sie? Wieviele Jahre wollen Sie das Zelt mindestens nutzen?
- Welche Arbeit sind Sie bereit, in die Pflege des Zeltens zu investieren?
- Wie wichtig ist Ihnen der Kontakt zum Hersteller bzw. dessen Angebot, das Zelt zu reparieren bzw. Sie bei Schwierigkeiten mit Rat und Tat zu unterstützen?
- Wie zufrieden sind Sie mit dem Kontakt zu den Herstellern?
- Zeigten sich Mängel – wenn ja, welche?
- Wie sind Sie mit den Mängeln umgegangen? Haben Sie das Zelt zur Reparatur gegeben oder es selbst repariert?
- Wissen Sie, wie das Zelt ausgerüstet ist?
- Was ist Ihnen an der Ausrüstung wichtig bzw. welche Ausrüstung wollten Sie auf keinen Fall?
- Hatten Sie mehr Informationen über die Ausrüstung gewünscht, diese aber nicht bekommen?
- Wie lange hielt die Ausrüstung? Gab es vom Hersteller Informationen, wie das Zelt später chemisch nachgerüstet werden kann?
- Was gefällt Ihnen an dem Zelt besonders gut?

- Was stört Sie an dem Zelt besonders?
- Welche könnten zukünftige Gründe für Sie sein, das Zelt zu entsorgen?
- Wohin wird er voraussichtlich entsorgt?

Interviewleitfaden/Fragebogen Fallbeispiel Sicherheitsgurtband

Fragen an die Spinnerei

- Mit welchen Ausgangsstoffen arbeiten Sie?
- Welche Daten über Stoff- und Energieverbräuche liegen Ihnen vor?
- Welche Daten über Produktionsabfälle liegen Ihnen vor?
- Welche Herstellungs- und Verarbeitungsstufen sind Ihnen direkt vorgelagert?
- Welche Entwicklungen gab und gibt es in Hinblick auf Anforderungen an die Qualität (Festigkeit u.a.) und die Verarbeitung der Filamentgarne?
- Von welcher Abfallbehandlung Ihrer Garne gehen Sie bei der Produktentwicklung aus?
- Von welcher Lebensdauer Ihrer Garne gehen Sie aus?
- Haben Sie aus Umwelt- oder Abfallgründen in der vergangenen Zeit etwas an der Produktion oder an dem Filamentgarn verändert?
- Seit wann nehmen Sie Garnabfälle aus der Weberei zurück und warum haben Sie sich zu diesem Schritt entschlossen?
- Welche gefärbten Garne bieten Sie an? Ist Ihrer Ansicht nach ein Trend zu bunten Garnen erkennbar?
- Welche Firma nimmt die Produktionsabfälle und die Garnabfälle aus der Weberei?
- Welche Informationen erhalten Sie beispielsweise von Kunden oder liefernden Betrieben?
- Welche Informationen verlangen Sie beispielsweise von liefernden Betrieben?
- Wie schätzen Sie den Informationsfluss ein?

Fragen an die Weberei

- Welche Prozesse zur Herstellung des Produktes finden in Ihrem Betrieb statt?
- Welche Daten über Rohstoff- und Energieverbräuche liegen Ihnen vor?
- Welche Daten über Produktionsabfälle liegen Ihnen vor?
- Mit welchen Ausgangsstoffen arbeiten Sie?
- Welche Herstellungs- und Verarbeitungsstufen sind Ihnen direkt vorgelagert?
- Welche Informationen erhalten Sie von Kunden und von den liefernden Betrieben?
- Welche Informationen verlangen Sie beispielsweise von liefernden Betrieben?

- Wie schätzen Sie den Informationsfluss ein?
- Von welcher Abfallbehandlung Ihrer Produkte gehen Sie bei der Produktentwicklung aus?
- Von welcher Lebensdauer Ihrer Produkte gehen Sie aus?
- Haben Sie aus Umwelt- oder Abfallgründen in der vergangenen Zeit etwas an der Produktion oder an dem Produkt verändert?
- Gibt es in Ihrem Betrieb Überlegungen, Ihre Produkte zurückzunehmen?
- Welche verschiedenen Produkte (z.B. Gurtbänder oder Polyestertypen) bieten Sie an? Wodurch unterscheiden sich die einzelnen Produktarten?
- Mit welchen Akteuren arbeiten Sie eng zusammen?
- Inwieweit haben sich Sicherheitsgurte in der Vergangenheit in Bezug auf Fasern, Ausrüstung und Qualität verändert? Welche Trends sehen Sie für die Zukunft?

Fragen an den Systemhersteller

- Welche Arten an Gurtbändern (Material, Art der Färbung, Farbe) verwenden Sie für Ihre Sicherheitsgurte?
- Was besagt die Gurtkennzeichnung?
- Welche Anforderungen haben Sie an die Qualität und das Aussehen der Gurtbänder?
- Welche dieser Anforderungen an das Gurtband leiten Sie von den Autoherstellern weiter, welche Anforderungen stellen Sie selbst?
- Wie haben sich die Anforderungen an die Sicherheitsgurtbänder in den letzten Jahren/ Jahrzehnten verändert?
- Übernehmen Sie eine Garantie für die Sicherheitsgurtbänder in der Gebrauchsphase?
- Von welcher Lebensdauer der Sicherheitsgurtbänder gehen Sie aus?
- Wie hoch ist der Anteil der Gurtbandreste in Bezug zu dem produzierten Gurtband?
- Was machen Sie mit den Gurtbandresten?
- Von welcher Abfallbehandlung der gebrauchten Sicherheitsgurtbänder gehen Sie aus?
- Haben Sie aus Abfall- und Umweltgründen in der vergangenen Zeit Ihre Anforderungen an das Produkt Sicherheitsgurtband verändert?
- Welchen Einfluss hat Ihrer Ansicht nach die europäische Richtlinie über Altfahrzeuge auf die Gestaltung des Sicherheitsgurtbandes?
- Welche Informationen bzgl. der Sicherheitsgurtbänder verlangen Sie von den liefernden Betrieben?
- Mit welchen Akteuren im Lebensweg des Sicherheitsgurtbandes arbeiten Sie zusammen und welche Ziele hat diese Zusammenarbeit?
- Wie schätzen Sie den Informationsfluss ein?

Fragen an die Autohersteller

- Welche Arten (Material, Spinn- oder Stückfärbung, Farbe etc.) an Sicherheitsgurtbändern verwenden Sie für Ihre Pkws?
- Beziehen Sie die Sicherheitsgurte von einem oder von mehreren Herstellern?
- Welche Anforderungen haben Sie an die Qualität der Sicherheitsgurtbänder?
- Wie haben sich Ihre Anforderungen an die Qualität der Sicherheitsgurtbänder in den letzten Jahren verändert?
- Welche Informationen zu den Sicherheitsgurtbändern verlangen Sie von den liefernden Betrieben?
- Mit welchen Akteuren im Lebensweg des Sicherheitsgurtbandes (Systemhersteller, Weberei, Spinnerei etc.) arbeiten Sie zusammen und welches Ziel hat diese Zusammenarbeit?
- Wie schätzen Sie den Informationsfluss ein?
- Inwieweit haften Sie für die Funktionstüchtigkeit bzw. die Qualität des Sicherheitsgurtbandes während des Gebrauchs?
- Von welcher Lebensdauer der Sicherheitsgurtbänder gehen Sie aus?
- Von welcher Abfallbehandlung der Sicherheitsgurtbänder gehen Sie aus?
- Haben Sie aus Umwelt- oder Abfallgründen in der vergangenen Zeit Ihre Anforderungen an das Produkt Sicherheitsgurtband verändert?
- Welchen Einfluss hat Ihrer Ansicht nach die Altkraftfahrzeugverordnung und die europäische Richtlinie zu Kraftfahrzeugen auf die Gestaltung des Sicherheitsgurtbandes?
- Gibt es in Ihrem Betrieb Überlegungen, Ihre Produkte zurückzunehmen?
- Gibt es Überlegungen, Gurte so herzustellen, dass sie hochwertig recyclingfähig sind?
- Welchen Anforderungen müssen Reißfasern/regranulierte Sekundärrohstoffe für den Einsatz im Pkw entsprechen?
- Was kosten die Sicherheitsgurte?

Fragen an die Altkraftfahrzeugverwerter

- Welche Prozesse zur Demontage/Verwertung finden in Ihrem Betrieb statt?
- Was geschieht bei der Altkraftfahrzeugverwertung mit den Sicherheitsgurtbändern?
- Werden die Gurtbänder je nach Autohersteller oder nach Material/Gurttyp unterschiedlich behandelt?
- Haben Sie bei der Behandlung/Abgabe der Bänder verschiedene Optionen?
- Warum werden die Bänder herausgeschnitten bzw. warum werden sie es nicht? Gibt es hier Auflagen?

- Falls die Bänder an ein Recyclingunternehmen abgegeben werden: Welches Unternehmen nimmt die Bänder an? Was wird von den Unternehmen für die Bänder bezahlt? Welche Anforderungen stellen diese Unternehmen an die Bänder?
- Welche Informationen in Bezug auf den Sicherheitsgurt erhalten bzw. verlangen Sie beispielsweise von den Autoherstellern?
- Wie gehen Sie im Vergleich mit den anderen Textilien im Pkw um? Z.B. dem Airbag, den textilen Dämmstoffen, dem Autohimmel, den Auskleidungen etc.
- Gab es zu einer früheren Zeit Interesse für Autosicherheitsgurte von anderen Akteuren?
- Was wurde früher mit den Bändern gemacht? Hat sich durch die Altkautoverordnung an der Behandlung der Bänder etwas geändert? Wenn ja, welche Veränderungen sind aufgetreten?
- Mit welchen Akteuren in der textilen Kette besteht Kontakt bzw. arbeiten Sie zusammen?
- Wie schätzen Sie den Informationsfluss ein?

Fragen an Verwertungsunternehmen

- Welche Prozesse zur Verwertung finden in Ihrem Betrieb statt?
- Welche Polyesterprodukte recyceln Sie? Verwerten Sie auch Sicherheitsgurtbänder aus Polyester?
- Welches sind Ihre Anforderungen an die Polyesterprodukte, die Sie verwerten?
- Welches sind Ihrer Einschätzung nach die größten Probleme beim stofflichen Recycling?
- Nach welchen Kriterien unterscheiden Sie das von Ihnen produzierte Sekundärpolyester?
- Wie beurteilen Sie die Nachfrage nach Ihren Sekundärrohstoffen? Welche Unterschiede gibt es?
- Welche Entwicklungen nimmt das stoffliche Recycling von Polyester Ihrer Ansicht nach in den letzten Jahren? Wie schätzen Sie die Zukunft des stofflichen Recyclings von Polyester ein?
- Welche Informationen erhalten bzw. verlangen Sie von den Unternehmen, die Ihnen die Polyesterprodukte liefern? Wie schätzen Sie den Informationsfluss ein?
- Gibt es Ihrer Ansicht nach bei den Herstellern ein Interesse, die Wiederverwertbarkeit/stoffliche Recyclingfähigkeit der textilen Produkte zu verbessern?
- Existiert Ihrer Ansicht nach von Seiten der Hersteller ein Interesse, Ihr Wissen zur Recyclingfähigkeit bzw. zum Recycling zu nutzen?