



# Öko-Institut e.V.

Institut für angewandte Ökologie  
Institute for Applied Ecology

---

## Anbau und Verarbeitung von Baumwolle Dokumentation der GEMIS-Daten

Kirsten Wiegmann

[k.wiegmann@oeko.de](mailto:k.wiegmann@oeko.de)

Februar 2002

<b>Öko-Institut</b>		
Institut für angewandte Ökologie e.V.		
<a href="http://www.oeko.de/">http://www.oeko.de/</a>		
<b>Geschäftsstelle Freiburg</b>	<b>Büro Darmstadt</b>	<b>Büro Berlin</b>
Postfach 6226	Elisabethenstr. 55-57	Novalisstraße 10
D-79038 Freiburg	D-64283 Darmstadt	D-10115 Berlin
☎ +49-761-452 95-0	☎ +49-61 51-81 91-0	☎ 030-280 486-80
☎ +49-761-47 54 37	☎ +49-61 51-81 91-33	☎ 030-280 486-88

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Naturfasern .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Konventioneller Baumwollanbau .....</b>	<b>4</b>
2.1	Anbauländer .....	4
2.2	Charakterisierung der Landbausysteme .....	5
2.3	Baumwollentkörnung .....	8
2.4	Ergebnisvergleich .....	8
<b>3</b>	<b>Weiterverarbeitung konventioneller Baumwolle.....</b>	<b>8</b>
3.1	Garnherstellung.....	10
3.2	Flächenbildung .....	11
3.3	Veredlung .....	12
3.4	Konfektion .....	14
<b>4</b>	<b>Ökologischer Baumwollanbau.....</b>	<b>15</b>
4.1	Anbauländer.....	15
4.2	Charakterisierung des Landbausystems.....	16
4.3	Baumwollentkörnung .....	19
<b>5</b>	<b>Weiterverarbeitung ökologischer Baumwolle.....</b>	<b>19</b>
5.1	Garnerzeugung.....	20
5.2	Flächenbildung .....	21
5.3	Veredlung .....	21
5.4	Konfektion .....	22
5.5	Transporte .....	23
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>24</b>

## 1 Naturfasern

Die durch den Konsum von Naturfasern verursachten Stoffströme werden im GEMIS-4.1-Datensatz *stellvertretend* durch die Produktion eines Baumwoll-T-Shirts dargestellt. Baumwolle hatte 1995 mit knapp 40 % den größten *Anteil* am Weltfasermarkt. Bezogen auf die Naturfaserproduktion ist ihre Bedeutung noch größer: 18,9 Mio t stehen ca. 10 Mio t anderer Naturfasern gegenüber (FAO 1999).

Hauptprodukt ist ein Baumwoll-T-Shirt, die funktionelle Einheit ist 1 kg T-Shirt<sup>1</sup>. Nebenprodukte treten innerhalb der Produktlinie Baumwoll-T-Shirt bei der Entkörnung und der Garnherstellung an. Sie können wiederum als Ausgangsmaterial für weitere Produktionsprozesse dienen. Hier verlassen sie direkt das System, Vorleistungen (Lastschriften) oder Gutschriften werden ihnen *nicht* angerechnet.

Die Baumwolle wird über alle Verarbeitungsschritte betrachtet, die Vorkette der Herstellung der Textilhilfsmittel für die Veredlung muss mangels Daten unberücksichtigt bleiben. Bedeutung hat dieser Umstand bei *dunklen* Farben, für welche knapp ein Viertel des Eigengewichts an Produkten der chemischen Industrie eingesetzt werden. Für die Bereitstellung von Energie- und Transportleistungen können durchgehend Angaben gemacht werden. Den indirekten Stoff- und Energieverbrauch, der durch die Herstellung und Nutzung von Investitionsgütern wie Infrastruktur, Maschinen und Gebäuden entsteht, bilden die Prozesse für Transport und Energiebereitstellung der GEMIS Daten ab. Nicht enthalten sind die indirekten Stoff- und Energieverbräuche für die Produktionsstätten der Baumwollweiterverarbeitung.

Packstoffe sind nicht berücksichtigt, ebenso wenig die Abfallentsorgung der festen und flüssigen Reststoffe (inkl. Abwässer der Veredlung).

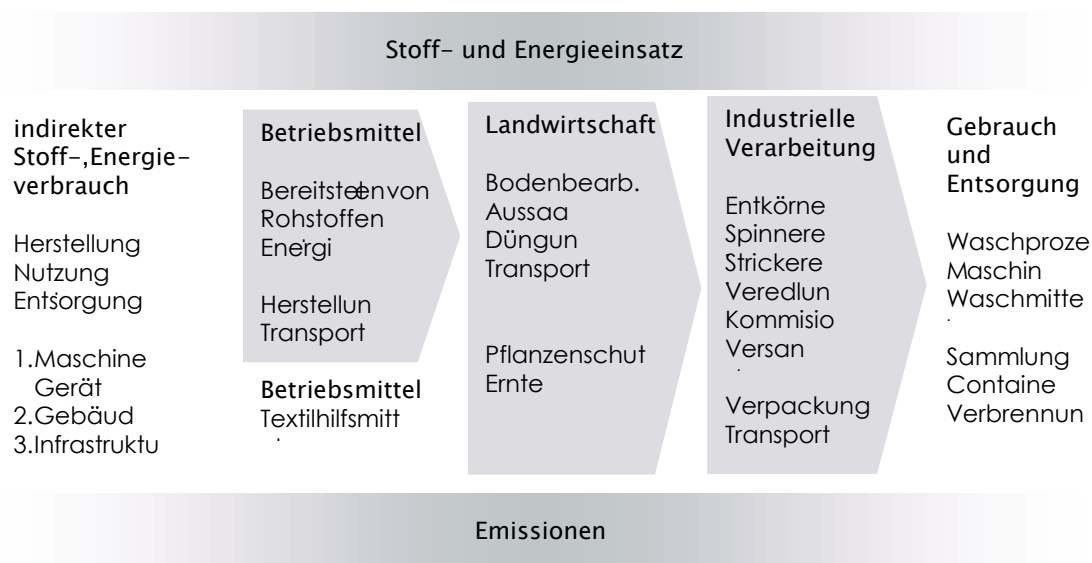
Auf der Inputseite wird der Ressourcenbedarf (kumulierter Energieaufwand – KEA und kumulierter Stoff-Aufwand - KSA) erfasst, auf der Outputseite sind es die Emissionen in die Luft.

Die Emissionen in die Luft werden den Wirkungskategorien Versauerung, Treibhaus- und Sommersmogwirkung zugeordnet. Eine Bewertung der Emissionen ins Wasser kann nicht vorgenommen werden, da die gesamte Palette der einsetzbaren Textilhilfsmittel sehr vielfältig ist und kein abgesichertes exemplarisches Beispiel formuliert wurde.

---

<sup>1</sup> 1 kg T-Shirts bildet den Prozess „Baumwoll-Äquivalent“

Abbildung 1: Systemgrenzen des detailliert untersuchten Produktionssystems in GEMIS



Quelle: eigene Darstellung; Hinweis: Die in GEMIS betrachteten Aspekte sind grau unterlegt

Im folgenden werden die beiden Produktlinien ökologische Baumwolle und konventionelle Baumwolle getrennt voneinander dokumentiert. Bei den Prozessbeschreibungen kann es auf diese Weise an einigen Stellen zu Dopplungen kommen.

## 2 Konventioneller Baumwollanbau

Der Baumwollanbau unterscheidet sich weltweit je nach Standort in sehr starkem Maße, entsprechen variieren die charakteristischen Größen wie der Flächenertrag, der Grad der Mechanisierung oder der Einsatz von Betriebsmitteln. Aus diesem Grunde werden hier an Hand der Produktionsstatistik die größten Produzenten ermittelt und typische Landbausysteme charakterisiert.

### 2.1 Anbauländer

Die sieben größten Anbauländer für Baumwolle listet Tabelle 1 auf. Zusammen erbringen diese Länder etwa drei Viertel der Weltproduktion. Allein Indien, China und Pakistan produzieren knapp die Hälfte (46 %). Die Anbauweisen der drei Länder können als vergleichbar angesehen werden. Die Landbearbeitung und Ernte findet überwiegend von Hand statt, es werden sowohl organische als auch synthetische Düngemittel eingesetzt und der Pflanzenschutz erfolgt durch den Einsatz von Pestiziden und von Hand. Die Baumwolle wird in den Ländern größtenteils selbst verbraucht oder kommt in weiterverarbeiteter Form (Manufakturen) auf den Weltmarkt (Myers 1999). Dagegen wird Baumwolle in den USA, Australien und in den GUS in industrieller Intensivlandwirtschaft angebaut. Die Weiterverarbeitung findet in geringerem Maße in den Erzeugerländern statt (Statistisches Bundesamt 2000).

Ausgehend von den Produktionsmengen können diese zwei Landbausysteme als typisch angesehen werden, nämlich die industrielle Landwirtschaft („Typ USA“) und die kaum mechanisierte („Typ China“). Für das Stoffstrommodell der konventionellen Baumwolle werden ausschließlich diese beiden Typen zu Grunde.

Tabelle 1: Die sieben größten Baumwollanbauländer, 1990 und 1997

Land	Ernte (kg/ha)	1990/91		1997/98		%
		tot. Produktion in1000 t	Ernte (kg/ha)	tot. Produktion in1000 t	Ernte (kg/ha)	
China	807	4508	917	4400	23	
USA	712	3376	696	3200	17	
Indien	267	1989	314	2700	14	
Pakistan	615	1638	560	1658	9	
Usbekistan	870	1593	746	1125	6	
Türkei	1021	655	1056	750	4	
Australien	1603	433	1473	545	3	
Summe					76	
WELT	547	18970	568	18888	100	

Quelle: Myers 1999

Tabelle 2: Zwei Typen von Landbausystemen

reale Produktion	Name	Charakterisierung	für Rechnung
50 %	„Typ China“	kaum mechanisiert	60 %
35 %	„Typ USA“	Hochindustrialisiert	40 %
15 %		Sonstige	nicht betrachtet

Quelle: abgeleitet aus Angaben in Tabelle 1

## 2.2 Charakterisierung der Landbausysteme

Die Baumwolle beider Länder stammt aus konventioneller Landwirtschaft. Für die amerikanischen Betriebe wird davon ausgegangen, dass mechanischen Feldarbeiten mit großen Ackerschleppern durchgeführt werden und drei Ernten mit einer Erntemaschine.

Der Arbeitsaufwand wird wie folgt angenommen:

Pflügen:	4 h/ha (Richard-Elsner 1998)
Eggen und Säen:	1 h/ha (Richard-Elsner 1998)
Ausdünnen der Kultur:	1,5 h/ha (eigene Schätzung)
mechanisch/chemische Beikrautbehandlung:	zwei mal 1,5 h/ha (eigene Schätzung)
Pflanzenschutz und Entlauben (per Flugzeug):	5 Behandlungen
Ernte:	je 1,5 h/ha, zwei Ernten mit einem Picker, Nach- ernte mit einem Stripper (Kohel/Lewis 1984)

Insgesamt sind also 14 Arbeitsstunden pro Hektar nötig (9,5 Schlepperstunden und 4,5 Stunden für die Ernte). Hinzu kommt das Ausbringen von Pestiziden mit dem Flugzeug. Die Arbeitsstunden werden mit einem gewichteten Mittelwert für den Kraftstoffverbrauch nach Borken, Patyk et al. (1999) multipliziert.

*Tabelle 3: Benötigte Energie für die mechanischen Feldarbeiten pro Hektar (Input)*

	<b>schwerer Schlepper</b>	<b>Erntemaschine</b>
Arbeitsstunden pro ha	8,5	4,5
MJ pro Arbeitsstunde	564	884
entspricht Liter Diesel	ca. 15,85	ca. 24,85
MJ/ha in einer Saison (ohne Vorketten)	4794	3978

Für den Baumwollanbau in China wird angenommen, dass alle mechanischen Feldarbeiten ebenso wie die Ernte per Hand verrichtet werden.

Mehr als 60 % der Baumwollernte werden unter künstlicher Bewässerung erzielt (Schmidt 1999). So ist anzunehmen, dass auf beiden Standorten Bewässerung stattfindet. Doch konnten für China keine konkreten Werte gefunden werden. Darüber hinaus ist die Energie, die die Pumpen benötigen für beide Fälle unbekannt, da für deren Ermittlung Fördervolumen und –tiefe nötig wären. Weiterhin sind keine Verbrauchsangaben für Pflanzenschutzmittel in China berücksichtigt. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die getroffenen Annahmen.

Tabelle 4: Annahmen zu den Landbausystemen

	Typ China	Typ USA
Saatbettvorbereitung	Handarbeit	Traktor
Pflanzenschutz	mechanisch und chemisch (sprühen mit Rückenspritze)	chemisch (sprühen mit dem Flugzeug)
Insektizide Wirkstoffmenge (WSM)	keine Angaben	1,84 kg/ha (Mittelwert: 1981-84) <sup>1</sup>
Herbizide (WSM)	bislang von Hand <sup>1</sup>	1-6 kg/ha <sup>1</sup>
Entlaubungsmittel	Nein	ja (Menge unbekannt)
Anzahl der PSM- Behandlungen	4 (Pakistan) <sup>1</sup> 4 (China) <sup>1(nix)</sup>	4-15 (Insektizide) <sup>1</sup> 2-3 (Herbizide) <sup>1</sup> Ø 5 (unspezifisch) <sup>2</sup>
PSM-Reduktion durch Integrated Pest Manage- ment	keine Angaben	- 40 % (Insektizide) - 35 % (Herbizide) - 60 % (Fungizide) <sup>1</sup>
Mineraldünger N	174,2kg N/ha <sup>3</sup>	114 kg N/ha <sup>1</sup>
Mineraldünger P	53,5 kg P/ha <sup>3</sup>	70 kg P/ha <sup>1</sup>
Mineraldünger K	23,5 kg K/ha <sup>3</sup>	58 kg K/ha <sup>1</sup>
Bewässerung	keine Angaben	9000t/ha <sup>3</sup>
Energie für Bewässerung	311 MJ/ha bisher einzige Zahl (Skript Hohenheim), unbe- kannte Fördermenge	
Ernte	von Hand	100 % maschinell <sup>1</sup>
Ertrag pro ha	890 kg/ha ('96) 1024 kg/ha ('97) <sup>3</sup> Rechnung: 900 kg/ha	735 kg /ha <sup>1</sup> Rechnung: 700 kg/ha

Quellen: <sup>1</sup> (Schmidt 1999)

<sup>2</sup> (Richard-Elsner 1998)

<sup>3</sup> (Landwirtschaftliches Jahrbuch der VR China 1997)

<sup>4</sup> Kohel/Lewis (1984)

Außer dem Verbrauch und den Aufwendungen zur Bereitstellung von Betriebsmitteln sollten im landwirtschaftlichen Teilbereich einer Ökobilanz auch die Stoffumsätze im Boden, insbesondere die der Nährstoffe, betrachtet werden. Diese können im vorliegenden Fall jedoch nicht bilanziert werden, da keine ausreichenden oder übertragbaren Daten für Bewässerungskulturen in den trockenen Tropen zur Verfügung stehen.

## 2.3 Baumwollentkörnung

Nach der Ernte erfolgt die maschinelle Entkörnung der Samen vom Samenhaar. Die entkörnte Baumwolle wird in Ballen von 150 bis 240 kg gepresst und in Jutestoffen oder Plastikfolien verpackt. Die Faserausbeute bei diesem Prozessschritt ist maßgeblich von der Qualität (Stapel­länge) und dem Ernteverfahren (Hand- oder Maschinenernte) abhängig, s. Tabelle 5.

Der Energieverbrauch der Entkörnung liegt im Mittel bei 2,3 MJ/kg, bezogen auf die entkörnte Baumwolle (Schmidt, 1999).

*Tabelle 5: Faserausbeute im Durchschnitt und für verschiedenen Ernteverfahren*

	Faser	Samen	Abfall	Quelle
Durchschnitt	35 %	62 %	3 %	Schweizer Faserinst. in Schmidt (1999)
Durchschnitt	42 %		4 %	Schmidt (1999)
Durchschnitt	35 %	60 %	2,8 %	Munro (1987)
Handpflücken			1,4 %	Kohel/Lewis (1984)
Stripper			3,6 %	Kohel/Lewis (1984)
Spindelpflücker			31,8 %	Kohel/Lewis (1984)

## 2.4 Ergebnisvergleich

Der Gesamtenergieverbrauch einschließlich Anbau, Düngemittel und Pflanzenschutz liegt nach Schmidt (1999) für den industriellen Anbau in den USA, GUS und Australien bei 41,9 - 48,6 MJ/kg entkörnte Baumwolle; für einfache manuelle Landbausysteme Westafrikas (kein Einsatz von Mineraldünger) liegt er dagegen bei nur 12,6 - 20,9 MJ/kg entkörnte Baumwolle.

Der mit GEMIS ermittelte kumulierte Energieaufwand (KEA) für das Produktionssystem USA rangiert in vergleichbarer Größenordnung wie der genannte Literaturwert (bei 41,19 MJ/kg entkörnte Baumwolle). Für China liegt der KEA bei 21,37 MJ/kg entkörnte Baumwolle.

## 3 Weiterverarbeitung konventioneller Baumwolle

Die Baumwollverarbeitung umfasst alle weiteren Prozesse ab der Spinnerei.

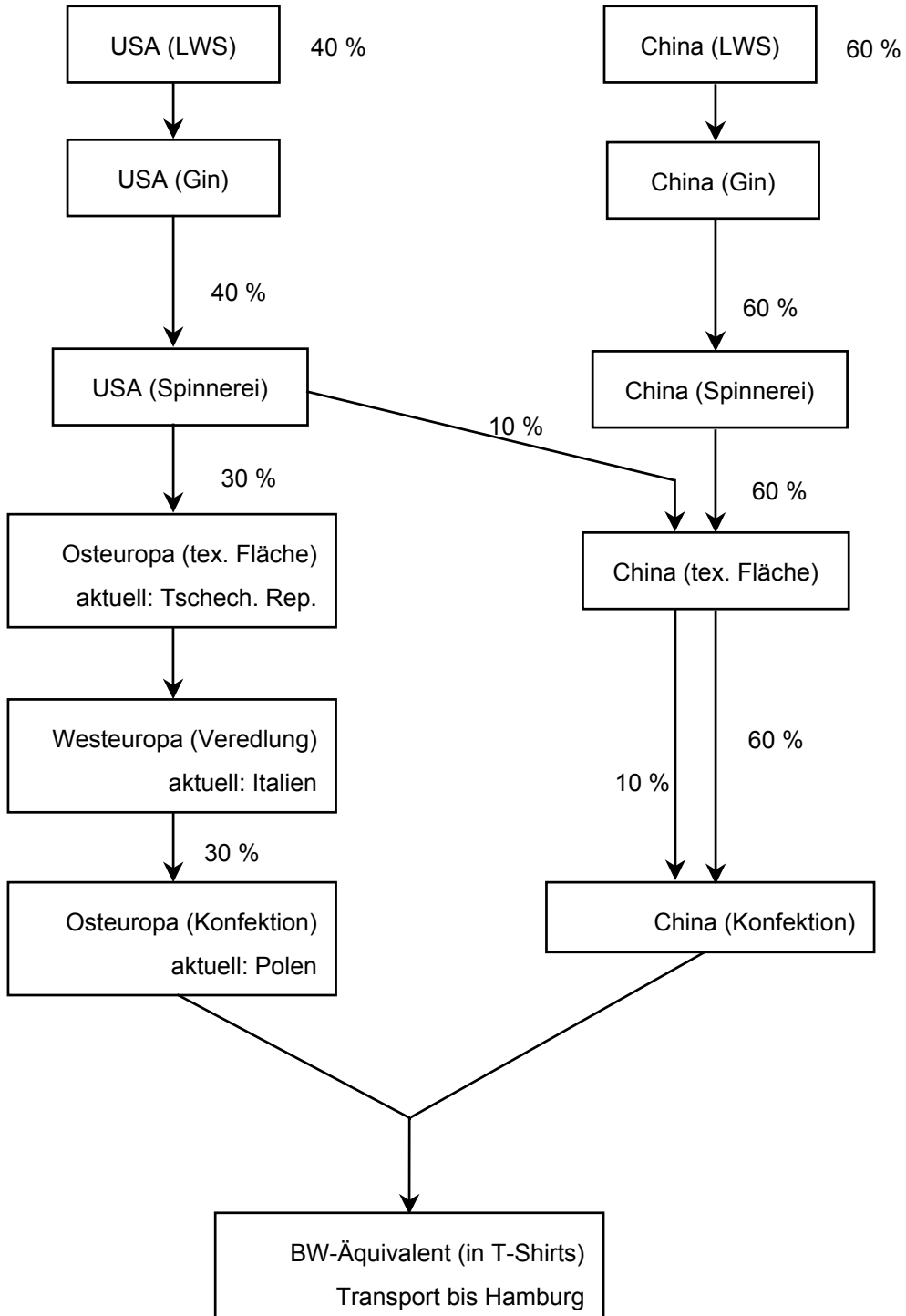
Die Weiterverarbeitung der chinesischen Baumwolle findet ausschließlich innerhalb Chinas statt. Die VR China ist der größte Produzent von sämtlichen baumwollenen Vor- und Endprodukten (vergl. Tabellen 6 und 8). Die Standorte der Textilindustrie liegen in der Regel im Umkreis von etwa 400 km der Anbauggebiete (Diercke 1996). Daher wird pauschal eine Entfernung von je 250 km zwischen den einzelnen Verarbeitungsschritten angenommen.

Die nordamerikanische Baumwolle wird in den USA entkörnt und versponnen. Anschließend gabelt sich der Pfad der Weiterverarbeitung: Drei Viertel der Flächenherstellung (hier Stricken) finden in Osteuropa (Tschechische Republik) statt. Die Ware wird anschließend innerhalb der EU (Italien) veredelt und wieder in Osteuropa (Polen) konfektioniert.



Das übrige Viertel der Flächenbildung erfolgt in Fernost – der Einfachheit halber wurde erneut China gewählt. Die folgenden Schritte bis zum fertigen T-Shirt liegen dann ebenfalls in China.

Abbildung 2: Warenströme innerhalb des Stoffstrommodells konventionelle Baumwolle



### 3.1 Garnherstellung

Die Länder mit der höchsten Baumwollproduktion sind gleichzeitig die größten Garnhersteller (Statistisches Bundesamt 1999). Daher werden die Produktlinien im Stoffstrommodell der Art gestaltet, dass die Baumwolle jeweils direkt im Anbauland zu Garn versponnen wird. Wie bereits erwähnt werden für die Transportwege innerhalb Chinas stets 250 km angenommen. Für die USA sind es 750 km, da der Baumwollanbau in den Südstaaten verbreitet ist, während die Textilindustrie an der gesamten Ostküste angesiedelt ist, mit Schwerpunkt im Südosten.

*Tabelle 6: Die zehn größten Produktionsländer von Baumwollgarn für das Jahr 1996*

Land	Produktion in 1000 t
Welt	17275
China	4970
USA	1978
Indien	1769
Pakistan	1444
Indonesien	837
Brasilien	722
Türkei	423
Thailand	324
Korea Rep.	289
GUS	267

*Quelle: Statistisches Bundesamt, 1999*

Die Garnherstellung unterteilt sich in die zwei Abschnitte Spinnereivorwerk und Spinnerei. Im Vorwerk, genauer in der Karde, werden die Einzelfasern parallelisiert und Kurzfasern sowie Verunreinigungen ausgekämmt. Prinzipiell ist auch eine chemische Reinigung der Fasern denkbar. Dieser Prozess ist im Stoffstrommodell nicht berücksichtigt, doch liegen die Werte für den Energieverbrauch hoch genug für ein rein mechanisches Auskämmen von Pflanzenteilen und Schmutz. Für die Rechnung wird das arithmetische Mittel aus Literaturwerten herangezogen, s. Tabelle 7.

*Tabelle 7: Energieverbrauch für die Garnherstellung*

Energie Spinnen (MJ/kg)	Quelle
50 (-150)	Schmidt, 1999
15-20	Cognis, 1995
30	Altenfelder, 1996
38	Richard-Elsner, 1998
30,6	Mittelwert

Die Faserausbeute von der Rohbaumwolle zum Garn liegt bei 75 % (Richard-Elsner 1998) und (Steinbach 2000).

### 3.2 Flächenbildung

China ist weltweit der größte Produzent für Baumwollgewebe. Zusätzlich zur selbsterzeugten wird Baumwolle zur Weiterverarbeitung importiert. Die Importe werden im Stoffstrommodell ebenfalls dargestellt: Ein Viertel des Baumwollgarns aus den USA wird in China ohne nähere Spezifizierung weiterverarbeitet (GEMIS-Prozesse mit Namenselement „USA II“). Ein weiterer Teil der Gewebeherstellung findet in Osteuropa, nämlich in der GUS, der Tschechischen Republik und Polen statt, s. Tabelle 8. Exemplarisch wird hier die Weiterverarbeitung in Tschechien (Brünn) betrachtet (GEMIS-Prozesse mit Namenselement „USA I“).

Bei der Flächenbildung muss zwischen Stricken und Weben unterschieden werden. Nach Kohel + Lewis (1984) waren 1980 in den USA zwischen 40 – 50 % der Baumwollwaren Gestricke. T-Shirts werden ausschließlich aus Gestricken hergestellt – was sich glücklich mit der besseren Datengrundlage für Maschen- als für Webwaren trifft. Die Faserverluste liegen zwischen 1% (Schmidt 1999) und 4 % (Steinbach 2000).

*Tabelle 8.: Die zehn größten Produzenten von Baumwollgewebe 1995*

Land	Produktion in Mill. m <sup>2</sup>
Welt	83007
China	31091
GUS	1235
Japan	1026
Ägypten	444
Deutschland	414
Tschechische Rep.	359
Korea Rep.	348
Pakistan	322
Rumänien	275
Polen	263

*Quelle: Statistisches Bundesamt 2000*

Beim Stricken werden Stricköle mit einer Menge zwischen 0,5 % bis 3 % des Warengewichts verwendet. Dazu können sowohl Mineralölprodukte als auch Bienenwachs verwendet werden. Angesichts der geringen Masse werden sie hier vernachlässigt. Für den Energieverbrauch der Strickerei wird ein Durchschnittswert aus Literaturwerten angegeben, Tabelle 9.

Tabelle 9: *Energieverbrauch für Flächenbildung*

Energie Stricken (MJ/kg)	Energie Weben (MJ/kg)	Quelle
17-67	29-86	Schmidt, 1999
3	10	Cognis, 1995
5,4-25,2	---	Steinbach, 2000
23,5 (für die Rechnung)	41,7	jew. Mittelwert
32,6		ges. Mittelwert

### 3.3 Veredlung

Für die in Osteuropa hergestellten Gestricke wird eine Veredlung in Westeuropa (Italien, Mailand) angenommen, während die in China hergestellten Flächen in der Regel auch innerhalb Chinas weiterverarbeitet werden..

Der Sammelbegriff Veredlung meint alle Arbeitsschritte, die den Gebrauchswert einer Ware erhöhen und ihren Charakter, ihre Oberfläche, ihr Erscheinungsbild oder ihre Verarbeitungseigenschaften verändern (Eberle/Hermeling et. al. 1991). Die Veredlung kann sowohl an der unversponnen Faser, am Garn, an der Fläche oder am fertigen Kleidungsstück erfolgen. Hier wird die Veredlung der Fläche angenommen. Sie untergliedert sich in die Vorbehandlung (z.B. Bleichen, Waschen), Farbgebung und Appretur (z.B. das Aufbringen von Weichmachern oder fleckabweisender Mittel).

Im Falle eines T-Shirts sind relativ wenige Veredlungsschritte üblich: Die Ware wird gebleicht, gewaschen, gefärbt und getrocknet. Weiterhin kann der Faser durch Mercerisation ein waschfester Glanz verliehen werden. Häufig sind auch ein Weichmachen oder optisches Aufhellen (insbesondere bei hellen Farbtönen). Da jedoch die Vorkette der Textilhilfsmittel eine Datenlücke darstellt, wird hier nur der vereinfachte Veredlungspfad mit Bleichen, Waschen und Färben dargestellt. Zudem sind die anderen genannten Verfahren vor allem hinsichtlich des chemischen Charakters der eingesetzten Stoffe als problematisch einzustufen und weniger wegen damit verbundene großen Massenströme oder Energieaufwendungen bei deren Einsatz.

Die meisten Veredlungsschritte finden in wässriger Flotte statt, weshalb der Wasserverbrauch und die Abwassermengen wichtige Kenngrößen darstellen. Eine Übersicht über den Wasserverbrauch in der Veredlung allgemein und im Speziellen bei Baumwolle gibt Tabelle 10.

*Tabelle 10: Wasserverbrauch in der Textilveredlung*

<b>Wasserverbrauch (l/kg)</b>	<b>Quelle</b>
120 (durchschnittlich)	Schmidt 1999
56 (T-Shirt)	Pulli 1997
80-200 (durchschnittlich)	Cognis 1995
114 (Bsp. 1 Baumwolle)	Schönberger 1998
258 (Bsp. 2 Baumwolle)	Schönberger 1998
138	Mittelwert

Mit dem Wasserbedarf hängt der Energieverbrauch eng zusammen, denn der Energieverbrauch geht vor allem auf das Heizen der Textilbäder zurück. Ein weiterer Posten beim Energieverbrauch in der Veredlung ist das anschließende Trocknen der Ware. In Tabelle 11 sind Literaturwerte für den Gesamtenergieverbrauch pro Kilogramm veredelter Baumwolle aufgeführt. Dahinter verbirgt sich vor allem Prozesswärme, aber auch elektrische Energie für die mechanischen Bewegungen der Maschinen.

*Tabelle 11: Gesamtenergieverbrauch Veredlung*

<b>Energieverbrauch (MJ/kg)</b>	<b>Quelle</b>
18-43	Schmidt 1999
27,84	Pulli 1997
20-110	Cognis 1995
35,64	Schönberger 1998
25	Altenfelder 1996
39,93	Mittelwert

Für den Split zwischen direkt eingesetzter Wärme und elektrischer Energie gibt es zwei Werte, die sich direkt auf die Veredlung von Baumwollmaschenware beziehen:

*Tabelle 12: Split zwischen Wärmeenergie aus einem Kessel und elektrischer Energie für die Veredlung von Baumwollmaschenware.*

<b>Wärme</b>	<b>elektrische Energie</b>	<b>Quelle</b>
95 %	5 %	Pulli 1997
85 %	15 %	Midtjydsk 1998
90 %	10 %	Mittelwert

Bezogen auf den mittleren Energieverbrauch (s. Tabelle 11) ergeben sich demnach 4 MJ/kg elektrische Energie und 36 MJ/kg Wärme (Bereitstellung mit einem Kessel). Die Annahmen für den Wärme-Mix sind im Stoffstrommodell folgendermaßen getroffen worden: In Italien stammen je 50 % des Warmwassers aus einem Gas und Ölkessel, in China wird die Wärme zu 100 % mit einem Ölkessel bereitgestellt.

Der Verbrauch von Textilhilfsmitteln und Salzen ist vor allem von der Art der Veredlungsschritte, der verwendeten Farbstoffe und dem gewählten Farbton abhängig. Bei allen vier Beispielen in Tabelle 13 handelt es sich um kräftige Farben. Beachte: der Informationsgewinn einer Massenangabe kann nur sehr begrenzt sein, angesichts der Vielzahl der möglichen Textilhilfsmittel und der unbekanntenen Vorketten zu deren Herstellung.

*Tabelle 13: Verbrauch an Textilhilfsmitteln und Salz in der Veredlung*

Textilhilfsmittel (g/kg)	Salz (g/kg)	Quelle
238	358	Pulli 1997
140	510	Cognis 1995
105 (Bsp. 1)	395	Schönberger 1998
179 (Bsp. 2)	925	Schönberger 1998
165,5	547	Mittelwert

### 3.4 Konfektion

In der Konfektion werden die Kleidungsstücke zugeschnitten oder gestanzt und zum fertigen Kleidungsstück zusammen genäht. Meistens schließt sich noch Bügeln an. In der Regel erfolgt die Konfektion in Lohnarbeit, d.h. es wird nach genauen Vorgaben für einen Auftraggeber gearbeitet. Der anschließende Handel und Verkauf wird von unabhängigen Unternehmen übernommen. Die Ausfuhr von Bekleidung ausgewählter OECD-Länder ist in Tabelle 14 aufgeführt. Für die Konfektion von amerikanischer Baumwolle ist Polen (Łódź) als Standort angenommen worden, die Konfektion der chinesischen Baumwolle findet in China statt (Standardentfernung 250 km).

Der Energieverbrauch für die Konfektion von T-Shirts wird von Altenfelder (1996) mit 1,75 MJ/kg Endprodukt angegeben. Schmidt (1999) nennt Werte von 1,8 bis 2,7 MJ/kg für die sog. Leichtkonfektion (im Gegensatz zu 4,9-8,5 MJ/kg bei Mänteln und dergleichen). Hier wird der Mittelwert für Leichtkonfektion mit 2,1 MJ/kg angenommen. Der Materialverlust durch Stoffreste in der Konfektion liegt je nach Produktion bei etwa 15 % (Schmidt 1999).

*Tabelle 14: Ausfuhr Bekleidung und Bekleidungszutaten ausgewählter OECD-Länder*

Land	Wert in Mil. US \$
Italien	14839
Deutschland	7488
USA	7285
Türkei	6697
Frankreich	5351
Großbritannien	4539
Korea Republik	4221
Mexiko	3749
Portugal	3522
Niederlande	3064
Belgien, Luxemburg	3018
Polen	2223

Quelle: Statistisches Bundesamt 2000

## 4 Ökologischer Baumwollanbau

Die Baumwolle wird nach den Kriterien der ökologischen Landwirtschaft angebaut. Die Basis-kriterien für den ökologischen Pflanzenbau (IFOAM, 1999) lauten wie folgt:

1. Kein chemisch vorbehandeltes Saatgut
2. Verbot von Mineraldünger
3. Verbot synthetischer Pflanzenschutzmittel
4. Ernte ohne Einsatz chemischer Entlaubungsmittel (Defolianten)
5. Maßnahmen zur Verhinderung der Versalzung von Boden und Wasser sind zu ergreifen (nicht näher bestimmt).
6. Maßnahmen zur Verhinderung der Erosion sind zu ergreifen (ebenfalls nicht näher bestimmt).
7. Exzessive Ausbeutung und Erschöpfung von Wasserressourcen ist nicht erlaubt.

### 4.1 Anbauländer

Im Gegensatz zum konventionellen Baumwollanbau sind Statistiken über wichtige Kennzahlen des ökologischen Baumwollanbaus kaum vorhanden. Daher wird in diesem Fall nur eine exemplarische Produktlinie peruanischer Baumwolle verfolgt. Unter den Ländern, die ökologischen Baumwollanbau betreiben, nimmt Peru den fünften Rang ein, vgl. Tabelle .

*Tabelle 15.: Die fünf größten Produzenten ökologischer Baumwolle*

<b>Land</b>	<b>geschätzte Produktionsmenge (in t)</b>
USA	2600
Türkei	1800
Indien	1175
Uganda	800
Peru	700
Insgesamt	8150

*Quelle: Myers 1999*

## 4.2 Charakterisierung des Landbausystems

Die Anbaugelände der Baumwolle liegen in den schmalen Feuchtzonen von Fremdlingsflüssen in der Atacamawüste, wo Bewässerungslandbau betrieben wird (Mikus 1988).

Die Baumwolle wird von August bis März kultiviert. Zwischen der Baumwolle wachsen Mischkulturen mit einem Anteil von ca. 10%. Nach Ende einer Saison wird auf den Flächen eine Gründüngung vorgenommen und jedes dritte Jahr wird anstelle von Baumwolle Mais auf den Feldern angebaut (Gomero/Jiborn et al. 1999). Die Nebenprodukte werden nicht weiter betrachtet.

Bewässert werden die Kulturen gebietsabhängig sowohl mit Flusswasser als auch mit Tiefen Grundwasser, Das Flusswasser wird direkt durch Gräben auf Felder geleitet, während das Tiefen Grundwasser mit Dieselpumpen gefördert wird. Der Treibstoffverbrauch und die Laufzeit der Pumpen sind unklar. Insgesamt werden pro Kilogramm geernteter Baumwolle nach Berechnungen von Wiegmann (2000) knapp 5 m<sup>3</sup> Wasser benötigt.

Die erforderlichen Arbeitsschritte sind in folgender Tabelle aufgelistet:



Tabelle 16: Arbeitsschritte im ökologischen Baumwollanbau

nach Beginn in Tagen	Maßnahme
1	Pflügen
	Vorbewässern (für 24 h)
30	Aussaat Eggen/Boden verfeinern
45	1. Düngung Vereinzeln der Pflanzen (manuell) Mechanische Unkrautbehandlung
60	Bewässerung
80	2. Düngung Bewässerung nach Bedarf, ggf. weitere Düngung und biologische Schädlingsbekämpfung (Ausbringen von Pheromonfallen und Schlupfwespen)
200	Ernte (drei manuelle Durchgänge) Ausgraben alter Wurzeln Abbrennen der Wurzeln und oberirdischer Pflanzenreste

Quelle: Jiborn 1999

### Mechanische Feldarbeit

Durchschnittlich bewirtschaftet ein Betrieb 5 ha Land; entsprechend wird davon ausgegangen, dass kleine Ackerschlepper mit einer Zugkraft von 40 bis 70 kW für die mechanische Feldarbeit eingesetzt werden. Die Saatbettvorbereitung erfolgt mit dem Traktor, im Einzelnen also das Pflügen, Säen und Eggen, darüber hinaus in einigen Fällen auch die mechanische Beikrautbehandlung in der frühen Phase der Kultur. Später steht der Bestand so dicht, dass sich wegen Lichtmangels kaum noch Unkraut darunter entwickeln kann. Die Ackerschlepperlaufzeit gibt Jiborn (1999) für die Baumwollkultivierung mit ca. 12 Stunden pro Hektar und Saison an. Die Schlepper werden überwiegend in Maschinenringen gemeinsam genutzt. Da eine genaue Differenzierung nach Art und Dauer der Feldarbeit nicht möglich ist, wird ein gewichteter Mittelwert über verschiedene Laststufen nach Borken, Patyk et al. (1999) zu Grunde gelegt.

*Tabelle 17: Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch von leichten Ackerschleppern*

MotorNL	ZapfWL	Schwer	Normal	Leicht	Straße	Leerlauf	gew. Mittel
mittlerer Zeitanteil:		31%	18%	19%	20%	12%	100%
kW	KW	MJ/h	MJ/h	MJ/h	MJ/h	MJ/h	MJ/h
55,6	46	423	247	145	198	37	247

Quellen: Jiborn 1999; Borken/Patyk et al. 1999; gewichtetes Mittel nach Zeitanteil verschiedener Laststufen

Die Ernte erfolgt von Hand, denn durch den Verzicht auf chemische Entlaubungsmittel im ökologischen Anbau ist der Zugriff von Maschinen auf die Fruchtstände erheblich erschwert. Die Handernte sichert darüber hinaus die hohe Qualität der Baumwolle: Erstens wird eine Verschmutzung mit anderen Pflanzenteilen vermieden. Zweitens werden die ungleichmäßig reifenden Kapseln nicht auf einmal geerntet.

### **Düngung und Pflanzenschutz**

Im Zeitraum von März bis August erfolgt bis zur nächsten Baumwollaussaat teilweise eine Gründüngung mit Leguminosen. Die Aufwendungen für die Zwischenfrüchte sind unbekannt und finden daher keine Berücksichtigung. Viele Bauern lassen die Felder auch in Schwarzbrache liegen. Die Felder werden ausschließlich organisch mit Hühnermist, Guano und Kompost gedüngt. Die absolute Masse der organischen Dünger geht in die Rechnung ein (1,5 kg/kg Rohbaumwolle), weitere Vorketten werden bei diesen Stoffen nicht berücksichtigt.

Die Unkrautbehandlung wird mechanisch durchgeführt; der nötige Schleppereinsatz ist unter „Mechanische Feldarbeit“ (s.o.) wiederzufinden. Zur Schädlingsbekämpfung werden Pheromonfallen im Bestand aufgestellt und Nutzinsekten gehalten. Durch den Anbau in Mischkultur wird der Massenausbreitung von Schädlingen entgegengewirkt. Über die biologische Schädlingsbekämpfung und einzelne Arbeitsschritte in der Mischkultur liegen keine weiteren Informationen vor; deren Anteil dürfte jedoch marginal sein. Weiterhin werden zur Vorbeugung gegen Insektenbefall nach der Ernte die Pflanzenrückstände auf dem Feld verbrannt.

Der Baumwollertrag liegt bei 2400 kg pro Hektar (Samenhaare inklusive Samen) nach Wiegmann (2000) Die Saat für die folgende Saison wird jeweils von der Ernte abgezogen und verbleibt im System. Als Kuppelprodukte fallen Früchte der Zwischen- und Mischkultur an. Diese verlassen das System und werden nicht weiter betrachtet. Da der Verbleib der Erntereste für den konventionellen Landbau nicht eindeutig geklärt ist, werden die Emissionen durch die Verbrennung der Ernteresiduen beim ökologischen Baumwollanbau nicht betrachtet. So wird eine einseitige Belastung der ökologischen Baumwolle vermieden.

Außer dem Verbrauch und den Aufwendungen zur Bereitstellung von Betriebsmitteln sollten im landwirtschaftlichen Teilbereich einer Ökobilanz auch die Stoffumsätze im Boden, insbesondere die der Nährstoffe, betrachtet werden. Diese können im vorliegenden Fall jedoch nicht bilanziert werden, da keine ausreichenden oder übertragbaren Daten für Bewässerungskulturen in den trockenen Tropen zur Verfügung stehen.

### **4.3 Baumwollentkörnung**

Nach der Ernte erfolgt die maschinelle Entkörnung der Samen vom Samenhaar (ginning). Eine Sägegin trennt die langen Haare vom Samen ab und in einer zweiten Gin werden anschließend die Kurzhaare gewonnen. Die entkörnte Baumwolle wird in 150 bis 240 kg schwere Ballen gepresst. Nur die langen Samenhaare (Lints) gehen als Hauptprodukt in die Textilproduktion. Nebenprodukte sind die kurzen Haare (Linters) sowie das Öl der Samen und Tierfutter aus dem Presskuchen. Diese verlassen das System und werden nicht weiter betrachtet.

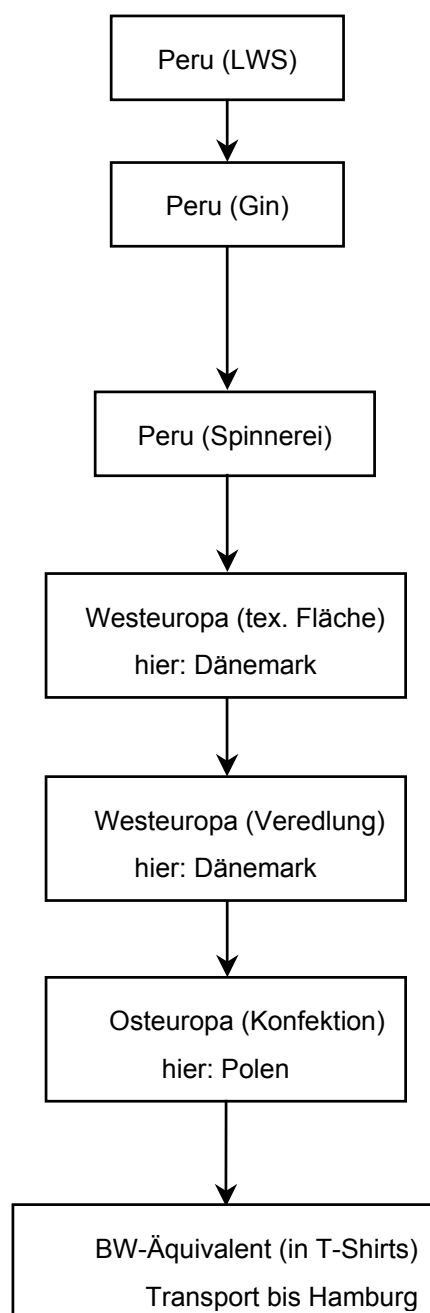
Da die Entkörnung der Baumwolle im Anbaugebiet erfolgt, ist davon auszugehen, dass die elektrische Energie mit Hilfe von Verbrennungsmotoren erzeugt wird – Wasserkraft wird vor allem im Osten und Norden des Landes genutzt (IEA 1999). Für die Modellierung in GEMIS wird ein Dieselmotor mit 1 MW Leistung angenommen.

## **5 Weiterverarbeitung ökologischer Baumwolle**

Die Baumwollverarbeitung umfasst alle weiteren Prozesse ab der Spinnerei.

Die peruanische Baumwolle wird in Peru entkörnt und versponnen. Die Flächenherstellung (hier Stricken) und das Veredeln der Ware findet in Dänemark statt. Die T-Shirts werden in Osteuropa (Polen) genäht und über einen dänischen Händler vermarktet (erneuter Transport und Qualitätsprüfung in Dänemark).

Abbildung 3: Warenströme innerhalb des Stoffstrommodells ökologische Baumwolle



## 5.1 Garnerzeugung

Die Garnerzeugung findet in Peru 700 km nördlich des Anbaubereichs statt. Die betrachtete Produktlinie im Stoffstrommodell stimmt also mit der Statistik überein, nach der die Länder mit der höchsten Baumwollproduktion gleichzeitig die größten Garnhersteller sind (Statistisches Bundesamt 1999).

Für die Garnherstellung unterteilt sich in die zwei Abschnitte Spinnereivorwerk und Spinnerei. Im Vorwerk, genauer in der Karde, werden die Einzelfasern parallelisiert und Kurzfasern sowie Verunreinigungen werden ausgekämmt. Bei der Garnherstellung fallen Verluste von 22 % an, nämlich Faserstaub, ausgekämmt Verunreinigungen und Kurzfasern. Alle sind in der weiteren Rechnung nicht berücksichtigt.

Das wiederholte Kämmen benötigt viel elektrische (33,48 MJ/kg Garn). Darüber hinaus werden die Maschinen und Materialien klimatisiert, um Fadenabriss während der mechanischen Beanspruchung des Verspinnens gering zu halten. Die Spinnerei bezieht ihren elektrischen Strom aus Wasserkraft (BERGER 1999).

## 5.2 Flächenbildung

Der T-Shirt-Stoff aus ökologischer Baumwolle wird in Dänemark gestrickt. 1,56 MJ pro kg Stoff elektrische Energie werden für das Stricken selbst und für die Raumklimatisierung benötigt (60% Stricken, 40% Raumklima).

Für ein Kilogramm Maschenware werden 1,3 ml Stricköl benötigt. Die sind für das Endergebnis marginal und werden daher nicht berücksichtigt. Neben dem Hauptprodukt fallen in der Strickerei etwa 3 % fehlerhafte Maschenware und Fadenabriss an. Insgesamt fallen, bezogen auf 200 g Stoff, für ein T-Shirt ca. 20 g Abfälle im gesamten Betrieb an.

## 5.3 Veredlung

Die Strickware wird ebenfalls in Dänemark veredelt. Bei einem T-Shirt sind relativ wenige Veredlungsschritte nötig. Im einzelnen handelt es sich hier um das Bleichen, Färben, Waschen und Trocknen.

Die Vorkette der Textilhilfsmittel stellt eine Datenlücke dar und ist nur grob abgeschätzt worden. Doch Textilhilfsmittel sind vor allem hinsichtlich des chemischen Charakters der eingesetzten Stoffe als problematisch einzustufen und weniger wegen damit verbundener großer Massenströme oder Energieaufwendungen bei deren Herstellung und Einsatz. Es ist jedoch im Hinterkopf zu behalten, dass die Hersteller sogenannter Öko-Textilien hohe Qualitätsstandards hinsichtlich der Gesundheits- und Umweltverträglichkeit ihrer Produkte ansetzen. Dieser Unterschied zwischen den konventionellen und den ökologischen Produkten konnte im Rahmen dieser Arbeit leider nicht abgebildet werden.

In der Veredlung werden folgende Massen an Textilhilfsmitteln und Salz verbraucht (Wiegmann, 2000):

420 g/kg Steinsalz

36,8 g/kg Textilhilfsmittel, (keine detaillierten Daten)

10 g/kg Waschmittel

128 g/kg Farbstoffe

Die meisten Veredlungsschritte finden in wässriger Flotte statt, weshalb der Wasserverbrauch und die Abwassermengen wichtige Kenngrößen darstellen. Die Färberei in dieser Prozesskette benötigt 71 Liter Wasser pro Kilogramm Stoff.

Beim Bleichen werden letzte Pflanzenteile beseitigt und die Ware erhält einen reinweißen Grundton. Dieser ist nicht nur für weiße Stoffe gewünscht, sondern auch Voraussetzung für das Erzielen gleichmäßiger Farbtöne. Gebleicht wird mit Wasserstoffperoxyd, was heute in Europa üblich ist. Das Gestrick wird mit Wasserstoffperoxyd, Natronlauge und einem Additiv (Halbleiche) bei einer Temperatur von 90 °C versetzt und verweilt 16 Stunden zum Ausbleichen in der Flotte (sog. Kaltverweil-Verfahren). Danach wird die Bleiche ausgewaschen. Das Spülwasser wird im Gegenstromprinzip geführt, so dass eine erhebliche Menge an Wasser eingespart werden kann. Anschließend wird der pH-Wert der Ware mit Zitronensäure wieder neutralisiert und ein Weichmacher aufgetragen.

Nach der Bleiche wird der Stoff gefärbt, je nach Farbe bei 50 bis 60 °C. Die Farben werden mit Natriumchlorit unter Wärmeeinwirkung fixiert und die nicht auf der Baumwolle verbleibende Farbe, etwa 20 %, wird wieder ausgewaschen und der Ware wird mit einem Weichmacher ein angenehmer Griff verliehen. Dann folgt das Schleudern in einer Zentrifuge und schließlich das vollständige Trocknen mit heißer Luft

Die Färberei betreibt ein erdgasbefeuertes Blockheizkraftwerk (BHKW) mit 1 MW Leistung. Die Nutzwärme der Anlage fließt komplett in die Produktion und die gesamte erzeugte Elektrizität wird ins öffentliche Netz eingespeist. Daher wird die für die Produktion nötige elektrische Energie wieder aus dem öffentlichen Netz zurückgekauft. Zusätzlich werden noch Warmluft und –wasser aus Gaskesseln eingesetzt. Die eingesetzte Wärme und elektrische Energie ist in der folgenden Tabelle aufgelistet.

*Tabelle 18: Energieverbrauch einzelner Veredlungsschritte*

Prozess	Energieverbrauch
elektr. Energie Bleichen	1,11 MJ/kg
Wärmeenergie Bleichen	5,73 MJ/kg
elektr. Energie Färben	1,09 MJ/kg
Wärmeenergie Färben	25,92 MJ/kg
elektr. Energie Trocknen	4,61 MJ/kg
Wärmeenergie Trocknen	12,58 MJ/kg

Quelle: Wiegmann, 2000

## 5.4 Konfektion

Unter Konfektion wird das Nähen verstanden. Genäht wird das T-Shirt aus ökologischer Baumwolle in Polen. Der Energieverbrauch liegt bei 0,1 kWh Strom pro T-Shirt. Beim Zuschnitt größere Mengen Stoffabfall an. Zusammen mit den Fadenabschnitten und Verschnitt beläuft sich der Materialverlust dieser Verarbeitungsstufe auf insgesamt 10 bis 20 % (Wiegmann, 2000). Gerechnet wird mit einem Materialverlust von 15 %.

## 5.5 Transporte

Die Transporte verursachen bei diesem Produkt, das in seinen Vorstufen weltweite Wege zurückgelegt hat, große Stoffströme. Allerdings ist der hohe internationale Verflechtungsgrad auch der Grund, warum es im Einzelnen unmöglich ist, alle nötigen Parameter der Transporte zu ermitteln.

Die See- und Landtransporte sind in den folgenden Tabellen dargestellt.

*Tabelle 19: Entfernungen und Transportgewichte (inkl. Verpackung) der Seetransporte*

Fracht	Strecke	Distanz	Masse
Garn	Peru - Deutschland	11940 km	230 g
veredelte Fläche	Dänemark– Polen	930 km	210 g
T-Shirt	Polen – Dänemark	930 km	174 g

Quelle: Wiegmann, 2000

*Tabelle 20: Entfernungen und Transportgewichte der Straßentransporte (H. = Hafen)*

Fracht	Strecke	Distanz	Masse
Roh-BW	BW Feld - Entkörnung	15 km	720 g
BW entkörnt	Zur Spinnerei (innerhalb Perus)	700 km	300 g
Garn	Zum Hafen (innerhalb Perus)	1000 km	230 g
	Zur Strickerei (Deutschland – Dänemark)		
Gestrick	Zur Veredlung (innerhalb Dänemarks)	15 km	220 g
veredelte Ware	Zum Hafen (innerhalb Dänemarks)	300 km	210 g
	Zum Konfektionär (innerhalb Polens)		
T-Shirt	Zum Hafen (innerhalb Polens)	300 km	174 g
	Zum Händler (innerhalb Dänemarks)		
T-Shirt	Dänemark – Deutschland	300 km	174 g

Quelle: Wiegmann, 2000

## 6 Literatur

- Altenfelder, K. 1996: Vergleichende Untersuchung von Freizeitkleidung aus Baumwolle bzw. Hanf mittels der Produktlinienanalyse. Diplomarbeit: Fachbereich Bio-Ingenieurwesen. Fachhochschule Hamburg (unveröffentlicht)
- Borken, J./Patyk A. et al. 1999: Basisdaten für ökologische Bilanzierung, Braunschweig/Wiesbaden
- COGNIS 1995: Untersuchung des Bekleidungsverbrauchs einer bundesdeutschen Behörde. Umweltverträgliches Stoffstrommanagement - Band 4: Anwendungsbereich Textilien. Enquete-Kommission zum Schutz des Menschen und der Umwelt des Deutschen Bundestages. Bonn, Economica Verlag
- Diercke-Weltatlas (Redaktion: Joachim Dornbusch) 1996: Diercke Weltatlas 4. aktualisierte Auflage, Braunschweig
- Eberle, H./Hermeling, H. et al. 1991: Fachwissen Bekleidung, Wuppertal
- FAO 1999: FAOSTAT- Statistical Databases. <http://www.apps.fao.org/>
- Gomero, L./Jiborn, P. et al. 1999: Peru, in: D. Myers: Organic Cotton. From field to final product. London, Intermediate Technology Publications
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) 1999: [http://www.ifoam.org/stan\\_deutsch/get\\_prod.html](http://www.ifoam.org/stan_deutsch/get_prod.html)
- IEA (International Energy Agency) 1999: Energy statistics and balances of non-OECD countries 1995-1996, in: Energy statistics and balances of non-oecd countries III(139)
- Kohel, R. J./Lewis, C. F. 1984: Cotton, in: Agronomy No. 24, American Society of Agronomy, Madison, Wis., USA
- Landwirtschaftliches Jahrbuch der Volksrepublik China, 1997
- Mikus, W. 1988: Peru: Raumstrukturen und Entwicklungen in einem Andenland, Stuttgart
- Munro, J. M. 1987: Cotton, Harlow, Longman - Scientific and Technical
- Myers, D./Stolton, S. 1999: Organic Cotton. From field to final product, London
- Pulli, R. 1997: Ökobilanz eines Baumwoll-T-Shirts mit Schwerpunkt auf den verwendeten Chemikalien, Diplomarbeit im Fachbereich Umweltwissenschaften der ETH Zürich (unveröffentlicht)
- Richard-Elsner, C. 1998: Materialinputs in die Herstellung von Textilfasern unter besonderer Berücksichtigung der Flächennutzung, Aachen
- Schmidt, K. 1999: Zur ökologischen Produktbewertung in der Textil- und Bekleidungsindustrie - theoretische Grundlagen und praktische Umsetzung. Dissertation am Fachbereich Umweltwissenschaften der Universität Witten/Herdecke
- Schönberger, H. (Hrsg.) 1998: Zur Abwasserfrage der Textilveredlungsindustrie, VDI Fortschritt-Berichte, Düsseldorf
- Statistisches Bundesamt 2000: Statistisches Jahrbuch für das Ausland 1999, Stuttgart
- Wiegmann, K. 2000: Ökobilanz für ein Baumwoll-T-Shirt. Bewertung und Optimierung der Stoffströme der Produktlinie Baumwolle von der Rohstoffproduktion bis zum Versand, Diplomarbeit am Institut für Geoökologie der Technischen Universität Braunschweig (unveröffentlicht)



Persönliche Mitteilung:

Herr Steinbach, Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf, Juni 2000