sofia

Sonderforschungsgruppe
Institutionenanalyse

Bestimmung des CO2-Fußabdrucks für Bio-Produkte

Zwei PCF-Fallstudien: Bio-Darjeeling-Tee und T-Shirt aus Bio-Baumwolle

Georg Cichorowski

sofia-Studien 14-1, Darmstadt 2014

ISBN: 978-3-941627-30-7

Sofia-Studien
zur Institutionenanalyse
Nr. 14-1

ISSN 1439-6874
ISBN 978-3-941627-30-7

Bestimmung des CO_2-Fußabdrucks für Bio-Produkte

Zwei PCF-Fallstudien:
Bio-Darjeeling-Tee und T-Shirt aus Bio-Baumwolle

Georg Cichorowski

Diese Studie entstand im Rahmen des Forschungsprojekts PCF-KMU: „Product Carbon Footprint: Unternehmensvorteile durch Umweltmanagement entlang der Wertschöpfungskette und durch Verbraucherinformation. Methoden, Praxiserfahrungen und Anpassungen für kleine und mittlere Unternehmen."

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Darmstadt, Januar 2014

INHALTSVERZEICHNIS

1 Untersuchungsrahmen und allgemeine Erkenntnisse 5
1.1 Projekt und Erkenntnisinteresse 5
1.2 Bio-Produkte und Geschäftsmodelle 6
1.3 Schlussfolgerungen 8
2 Fallstudie Bio-Tee 10
2.1 Unternehmen und Intention der Untersuchung 10
2.2 Tee-Anbau 11
2.3 Verarbeitung der Teeblätter in Indien 16
2.4 Verarbeitung, Vertrieb und Nutzung in Europa 18
2.5 Vorketten: Herstellung von Tüten, Kartons und Big Bags 20
2.6 Übersicht der THG-Emissionen für Darjeeling-Tee 22
2.6.1 Emissionen bei der Teeproduktion 22
2.6.2 Emissionsbilanz im Bereich der Nutzungen 24
2.6.3 Gesamtbilanz für Darjeeling-Tee einschließlich Nutzung 26
2.7 Erfahrungen und Schlussfolgerungen 28
3 Fallstudie Rotes T-Shirt aus Bio-Baumwolle 31
3.1 Unternehmen und Intention der Untersuchung 31
3.2 Baumwoll-Anbau 32
3.3 Verarbeitung der Baumwolle in Griechenland 36
3.3.1 Verspinnen der Baumwollfasern 36
3.3.2 Stricken des Baumwollgarns 37
3.3.3 Veredeln des Stoffes 39
3.3.4 Konfektionieren des Stoffes 40
3.4 Handel/Vertrieb 40
3.5 Nutzung/Entsorgung 42
3.6 Übersicht der THG-Emissionen für T-Shirt aus Bio-Baumwolle 42
3.7 Erfahrungen und Schlussfolgerungen 44
4 Literatur und Quellen 46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Pflückung per Hand: Two Leaves and a Bud 12
Abbildung 2: Vergleich der Emissionsmengen im Bereich Anbau 15
Abbildung 3: Vergleich der Emissionsmengen im Bereich Verarbeitung..... 17
Abbildung 4:Verpackung des Tees in der Kilo-Tüte 21
Abbildung 5: Vergleich der Anbau- und Transportvarianten 23
Abbildung 6: Vergleich der THG-Emissionen der fünf Zubereitungs-Szenarien 24
Abbildung 7: Vergleich verschiedener Varianten der Einkaufsfahrt mit der Auslieferung..... 25
Abbildung 8: Aufteilung der CO_2e-Emissionen für Bio-Darjeeling-Tee nach den verschiedenen Bereichen..... 27
Abbildung 9: Bilanzierte Stationen auf dem Lebensweg eines T-Shirts 32
Abbildung 10: Weltweiter Umsatz mit Produkten aus Bio-Baumwolle..... 33
Abbildung 11: Stoffflüsse beim Baumwollanbau in Burkina Faso je Hektar Anbaufläche 34
Abbildung 12: Emissionsmengen im Bereich Anbau und Entkernen einschließlich aller Transporte bis Europa 35
Abbildung 13: Verarbeitung des Streckbandes und Spinnmaschine 36
Abbildung 14: Jersey-Rundstrickmaschine 38
Abbildung 15: Anteile der Emissionen durch die Strickerei 38
Abbildung 16: Emissionen durch den Vertrieb des T-Shirts vom Konfektionsbetrieb bis zum Kunden per Transport und Kunden-Einkaufsfahrt 41
Abbildung 17: Emissionen bei Nutzung und Entsorgung mit Trocknereinsatz 42
Abbildung 18: Anteile der einzelnen Sektoren an den Gesamt-Emissionen .. 43
Abbildung 19: Anteile an den klimarelevanten Emissionen 44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der THG-Emissionen zwischen Bio-Anbau und konventionellem Anbau in Darjeeling 15
Tabelle 2: Vergleich der Emissionen zwischen der Nutzung von Netzstrom und Wasserkraft bei der Verarbeitung..... 17
Tabelle 3: Emissionen bei der Weiterverarbeitung des Tees in Europa 19
Tabelle 4: THG-Emissionen bei verschiedenen Varianten der Produktion 23
Tabelle 5: Gesamtbilanz unterschiedlicher Herstellungsarten und Überseetransporte unter Berücksichtigung des Nutzungsszenarios 1 26
Tabelle 6: Ergebnisvarianten für Bio-Tee mit Wasserkraft in den 5 Zubereitungsszenarien 26
Tabelle 7: Zusammenfassung der Bilanzwerte 28
Tabelle 8: Emissionen im Bereich des Fertigungsschritts „Spinnen“..... 37
Tabelle 9: Emissionen bei der Veredelung des Stoffes 39
Tabelle 10: Höhe der THG-Emissionen nach Sektoren 43

1
Untersuchungsrahmen und allgemeine Erkenntnisse

1.1
Projekt und Erkenntnisinteresse

Diese Studie entstand im Rahmen des Forschungsprojekts PCF-KMU: „Product Carbon Footprint: Unternehmensvorteile durch Umweltmanagement entlang der Wertschöpfungskette und durch Verbraucherinformation. Methoden, Praxiserfahrungen und Anpassungen für kleine und mittlere Unternehmen." Das Verbundprojekt wurde vom BMBF gefördert und von der Hochschule Darmstadt, der Fachhochschule Bingen sowie der Hochschule Pforzheim bearbeitet.

Ziel des Projektes war es, in Zusammenarbeit mit gewerblichen Kooperationspartnern zu ermitteln, inwiefern der Product Carbon Footprint ein auch für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) geeignetes Verfahren ist, die Klima-Relevanz des gesamten Lebensweges (Rohstoffe, Herstellung, Vertrieb, Nutzung und Entsorgung) von alltäglichen Produkten zu ermitteln. Neben der Quantifizierung der Klimarelevanz der Produkte ging es darum, Optimierungspotenziale bei Herstellung und Vertrieb zu identifizieren und die Ergebnisse in Richtung der Konsumenten zu kommunizieren.

Zu Beginn der Aktivitäten zur Einführung des PCF (ca. bis 2010) waren viele Aktivitäten davon getragen, die Ergebnisse der Berechnungen z.B. auf Produktverpackungen als Zahlenwert zu drucken und damit Absatz-Vorteile im Wettbewerb zu erzielen. Dies hat sich in der Zwischenzeit als nicht sinnvoll erwiesen, da zum einen die methodischen Unsicherheiten für den Zweck des Produktvergleichs (noch) zu groß sind, zum anderen die Vergleichsmöglichkeiten für die Kunden fehlen; ohne diese sind die Zahlenwerte jedoch ohne Wert. Für andere Kommunikationswege sind die Ergebnisse gleichwohl hilfreich.

Methodisch[1] berücksichtigt die PCF-Bilanzierung den besonders wichtigen (weil ubiquitär wirksamen) Umweltfaktor Klima, indem er die Emission der wichtigsten Treibhausgase bestimmt. Zudem erscheint die Konzentration auf *einen* Parameter ein günstiger Einstieg für Unternehmen zu sein, sich der Nachhaltigkeit auf der Ebene der von ihnen hergestellten oder vertriebenen Produkte (im Unterschied zu den direkten Vorgängen im Betrieb) zu widmen.Der entscheidende Ansatz ist, sich dem gesamten Lebensweg eines Produktes zu widmen und die Stationen Rohstoffe, Produktion, Distribution, Nutzung und Entsorgung („from cradle to grave") zu berücksichtigen. Für Kritiker der Vorgehensweise stellt der Product Carbon Footprint jedoch einen „faulen Kompromiss" oder „LCA-light" dar (z.B. Schmidt 2009, Finkbeiner 2009).

---

[1] Zur Erhebungsmethode und Vorgehensweise beim PCF siehe ausführlich: Hottenroth u.a. 2014: Carbon Footprints für Produkte.

Trotz der Beschränkung (in Abgrenzung zu umfassenden Ökobilanzen) auf einen Parameter[2] galt es zu erforschen, inwieweit in KMU die fachlichen Kompetenzen und die sonstigen Voraussetzungen (Strukturen, Ressourcen) vorhanden sind, diese Berechnungen selbst durchzuführen bzw. die Zuarbeiten für eine externe Bearbeitung zu leisten.

Im Rahmen des Verbundvorhabens sind 10 Fallstudien durchgeführt worden, die bis auf zwei Ausnahmen zum Ziel geführt haben. In den nicht erfolgreichen Beispielen war der eingeschränkte Zugang zu Informationen Ausschlag gebend, der in einem Fall durch betriebsinterne Strukturen begründet, im anderen Fall dem Schutz des Firmen-Know-hows geschuldet war.

1.2
Bio-Produkte und Geschäftsmodelle

Informationsbeschaffung und Marktstellung

Die Beschaffung von und der Umgang mit Informationen sind die ausschlaggebenden Faktoren bei der Bestimmung der Umweltrelevanz des Produktlebensweges. Dabei spielen zwar auch Produkteigenschaften eine Rolle, etwa die hohe Komplexität einer Ware (z.B. Automobil) oder wenn die genauen Rezepturen das einzige Unterscheidungsmerkmal zu den Mitbewerbern (z.B. Dispersionsfarben, Lacke) darstellen. Immer spielt jedoch das Verhältnis der Akteure (anbietende und nachfragende Unternehmen und deren Vertreter) eine bedeutende Rolle. Dabei kommt es nicht auf die *Größe* von Unternehmen an, sondern auf ihre Stellung in einzelnen Teilmärkten. Auch global agierende Unternehmen sind auf Märkten mit Massengütern, in denen sie keine entscheidende Rolle spielen, ohne Einfluss. Dagegen bestimmen OEM (Original Equipment Manufacturer) oder Handelshäuser oft weitgehend über die Akteure der Zulieferketten.

Auch hinsichtlich der Kundenkommunikation kommt es weniger auf die Größe von Unternehmen oder die Art der Produkte als auf die Position auf dem jeweiligen Teilmarkt an. Insbesondere bei Alltagsprodukten können und wollen sich Konsumenten nicht mit allen Details der Produktionsweise, der Zutaten und der Umweltrelevanz der Bestandteile und Produktionsprozesse auseinandersetzen. Dies gilt auch für bewusste Einkäufer, sofern es keine einfachen Bewertungsmöglichkeiten gibt, wie sie der Preis, die Energieverbrauchskennzeichnung („Ampel") bei Elektrogroßgeräten oder Labels darstellen. Das be-

---

2 Beim PCF werden die wichtigsten Klimagase, vor allem Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Distickstoffoxid (Lachgas N_2O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF_6) berücksichtigt und als Kohlendioxid-Äquivalente (CO_2e) zusammengefasst.

deutet, dass das *Vertrauen* des Käufers zu einem Label oder zu einem Unternehmen von ausschlaggebender Bedeutung ist[3].

Vertrauensbildung als Geschäftsmodell

Das Vertrauen der Kunden zum Verkäufer war auch in allen durchgeführten Fallstudien ein ständiges Thema: Bei den kleinen Herstellern von Fertig-Getränken (Mineralwasser, Apfelsaft, Bier, Wein) beeinflusst die regionale Nähe zu den Kunden die gegenseitige Wertschätzung. Ein offener Umgang mit Informationen über eingesetzte Stoffe (die Rohstoffe kommen überwiegend aus der Region) und Produktionsverfahren (die Betriebe werden oft von den Kunden besucht) wird von den Unternehmen praktiziert und genießt Wertschätzung bei den Kunden.

Diese Art des Verkäufer-Käufer-Verhältnisses ist jedoch nicht auf regionale Anbieter beschränkt. Es gibt auch Unternehmen, die global einkaufen und im gesamten deutschsprachigen Raum verkaufen, deren Geschäftsmodell jedoch ebenfalls auf Transparenz ausgerichtet ist, die mit der Zeit zu Vertrauen bei der Kundschaft führt. Zu diesen Unternehmen gehören die kooperierenden Unternehmen Projektwerkstatt GmbH („Teekampagne") und hessnatur GmbH, aus deren Angebot hier die Berechnung des PCF von je einem Produkt dargestellt wird. Beide Unternehmen sind Händler, die ausschließlich Bio-Produkte vertreiben. Sowohl für den Tee als auch bei Textilien war es erforderlich, Anbau und Produktionsmethoden zu entwickeln, die den Ansprüchen der Unternehmen selbst und denen ihrer Kunden genügen. Dies erforderte intensive Kontakte zu Rohstofflieferanten bzw. Dienstleistern der einzelnen Produktionsschritte; diese konnten bei der Ermittlung von Informationen, die im gegenseitigen Geschäftsverhältnis bislang keine Rolle spielten, genutzt werden.

Erkenntnisinteresse speziell für Bio-Produkte

Sowohl von der Intention als auch von der Vorgehensweise ist die weitgehend schadstofffreie Produktion, die bei Bio-Produkten grundlegend ist, nicht identisch mit einer möglichst umweltgerechten Produktion. Dies zeigt sich insbesondere im Bereich Klimaschutz, wenn reaktionsfreudige (aber giftige) Chemikalien durch einen erhöhten Energieeinsatz substituiert werden. Es war daher zu prüfen, ob die bislang praktizierte Vorgehensweise auch Vorteile für das Klima bringt.

Im Bereich der Bioprodukte spielt die Regionalität eine wichtige Rolle; dies gilt insbesondere im Lebensmittelsektor. Für die Produkte Darjeeling-Tee und Baumwoll-T-Shirt ist Regionalität zwar aus klimatischen Gründen nicht herstellbar; dennoch spielt die Frage, welche ökologischen Auswirkungen die Transporte haben, bei vielen kritischen bzw. engagierten Kunden eine Rolle.

---

3 Siehe dazu ausführlich: v. Römer/Steffensen (2013)

1.3
Schlussfolgerungen

Was können die Unternehmen mit dem Ergebnis anfangen?

Die Unternehmen in beiden Fallstudien sind zwar Händler, haben aber durchaus Einfluss auf die Produzenten, mit denen sie in langjährigen, bidirektionalen Verbindungen stehen[4]. Es wäre also möglich, dass sie auf klimaschonendere Produktionsmöglichkeiten hinweisen und mittelfristig deren Einführung erreichen könnten. In den dargestellten Fallstudien wäre die Nutzung von Strom aus regenerativen Quellen eine Möglichkeit, da bislang energieintensive Prozesse aus nicht besonders klimafreundlichen Stromnetzen (Indien, Griechenland) gespeist werden.

Neben der Optimierung von Produktion und Vertrieb können die Unternehmen auch Empfehlungen aussprechen, wie die Kunden die Nutzungsphase klimafreundlich gestalten könnten. Diese ist bei vielen Bio-Produkten[5] von großer bis ausschlaggebender Bedeutung. Insbesondere beim Bio-Tee zeigt sich, dass das Teewasser-Kochen ähnlich viel CO_2 emittiert wie alle Produktions- und Distributionsschritte zuvor (s. Tabelle 7).

Für die Umweltfreundlichkeit eines T-Shirts sind beispielsweise auch die Art und die Anzahl der Wasch- und Trockenvorgänge von großer Bedeutung.

Methodische Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der Fallstudien deuten auf ein methodisches Dilemma hin: Einerseits ist es sinnvoll, den gesamten Lebensweg eines Produktes in der Bilanzierung zu berücksichtigen, von der Beschaffung der Rohstoffe bis zur Abfallentsorgung. Die Ergebnisse schaffen die Möglichkeit, die Umweltverträglichkeit bei der Auswahl von Materialien sowie bei der Gestaltung von Produkten und deren Handhabung zu berücksichtigen.

Die Lebenswegphasen werden zwar nach einer einheitlichen Methodik bilanziert, bei den Informationsgrundlagen bestehen jedoch gravierende Unterschiede. Bei der Herstellung/Gewinnung von Rohstoffen und entlang des Produktionsprozesses ist es möglich, weitgehend Primärdaten zu beschaffen und die Vorgänge entsprechend objektiv darzustellen. Dagegen sind Distribution und insbesondere die Nutzungsphase der individuellen Gestaltung durch die Kunden unterworfen: Ob der Kunde das T-Shirt nach jedem Tragen oder seltener wäscht und dabei einen Trockner benutzt oder nicht, nimmt einen deutlichen Einfluss auf die Bilanzsumme der emittierten Klimagase. Ebenso unterschiedlich fällt diese aus, ob der Kunde seine Ware mit dem Fahrrad oder mit

---

4 Auch in anderen Teilbereichen des Textilmarktes ist es möglich, dass Handelshäuser stärkeren Einfluss auf die Verbesserung der Produktionsweise nehmen, als sie es bislang tun.

5 Je umweltfreundlicher ein Produkt hergestellt wird, desto größeren Anteil hat möglicherweise die Nutzungsphase auf die Gesamtbilanz

dem PKW transportiert (je nach zurückgelegter Strecke und Menge des Einkaufs). Um trotz dieser Unterschiede eine geschlossene Bilanzierung zu ermöglichen, ist die Formulierung von Szenarien erforderlich, die sich an Extremen oder statistischen Mittelwerten oder an plausiblen Alltagswerten orientieren können. Je nach Wahl der Vorgehensweise werden die Bilanzen unterschiedlich ausfallen; sie muss daher in jedem Fall transparent gemacht werden. Im Bereich der Entsorgung ist die Datengrundlage für die Bilanzierung der Treibhausgase ebenfalls unsicher: Zum einen müssen Annahmen darüber getroffen werden, welcher der zur Verfügung stehenden Entsorgungswege genutzt wird; zum anderen gibt es für viele Entsorgungstechniken keine Emissionswerte[6].

Die Ergebnisse der Bilanzierung zeigen also Handlungsoptionen bei unterschiedlichen Akteuren auf, die für sich genommen erkennbar bleiben sollten. Dies wäre durch eine Darstellung, die die Stationen Rohstoffe, Produktion, Distribution, Nutzung und Entsorgung getrennt lässt (s. PCF Pilotprojekt Deutschland (2009)) gewährleistet. Eine solche Vorgehensweise stellt ein weiteres Argument gegen die Kommunikation eines einzigen Wertes für den PCF als Bilanzergebnis dar.

Ausblick

Die in den Fallstudien des Verbundprojektes gemachten Erfahrungen legen den Schluss nahe, dass es kaum gelingen kann, für alle Produkte detaillierte Informationen zu deren Umweltrelevanz zu gewinnen, es sei denn, es bestünden entsprechende gesetzliche Regelungen dazu. Dabei ist offenbar nicht die räumliche Streuung von Produktionsprozessen (Globalisierung) ausschlaggebend, sondern die Anonymität von Märkten und Handelsbörsen. Die Umweltauswirkungen von Massenprodukten[7] z.B. sind nur zu ermitteln, wenn zu jedem Vor- und Teilprodukt die erforderlichen Informationen bereits mitgeliefert werden. Dass ein solches Informationssystem auch mit gesetzlicher Unterstützung vor großen Umsetzungsproblemen stehen würde, zeigen die Erfahrungen mit der Umsetzung der europäischen Chemikalien-Regulierung REACh[8].

Es erscheint daher zielführender, für jede Produktkategorie von Dritten PCF-Studien (nach intern einheitlichen Berechnungsmethoden) durchführen zu lassen. Aus den Erfahrungen und Ergebnissen der Studien könnten Regeln für klimaschonende Herstellung und Vertrieb einzelner Produkte hergeleitet werden. Diese könnten in bestehende (z.B. Blauer Engel) oder neue Labels einfließen.

---

6 Insbesondere für Alt-Textilien dürfte eine Bilanzierung der Entsorgung/Wiederverwendung/Verwertung nicht unproblematisch sein

7 Große Stückzahlen von vielen Anbietern mit jeweils vielen Zulieferern, die je nach Marktsituation oft wechseln

8 REACh = Registration Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, s. dazu Führ (2011), Kapitel 1 und 8

2
Fallstudie Bio-Tee

2.1
Unternehmen und Intention der Untersuchung

Das kooperierende Unternehmen bei dieser Fallstudie ist die Projektwerkstatt, Gesellschaft für kreative Ökonomie mbH in Potsdam. Es vertreibt unter dem Label *Teekampagne* ausschließlich biologisch angebauten Tee aus der Region Darjeeling. Das Unternehmen wurde 1985 von Prof. Faltin gegründet, um Studenten seine ökonomischen Prinzipien zu veranschaulichen. Die Gesellschaft verfolgt ein sehr spezifisches Geschäftsmodell:

- *Schadstoffarme Produkte*: Zu Beginn wurden Verträge mit den Anbauern geschlossen, weitgehend auf Pestizide und Mineraldünger zu verzichten. Es wurde eine allmähliche Umstellung auf biologischen Teeanbau eingeleitet, weil es damals zumindest in dieser Region noch keine Erfahrungen zum ökologischen Anbau von Tee gab. Heute vertreibt die Projektwerkstatt ausschließlich Bio-Tee.
- *Transparenz* gegenüber Kunden und indischen Vertragspartnern: Der Tee wird auf viele Rückstände hin kontrolliert und die Laborergebnisse mit Befund werden auf die Verpackungen gedruckt. Darüber hinaus wird in einem Beiblatt zur Lieferung dargestellt, wie sich der zu zahlende Preis zusammensetzt; hieraus sind alle anfallenden Kosten ersichtlich.
- *Ökonomisches Modell*: Um ein möglichst günstiges Preis-Leistungsverhältnis zu erzielen, werden mehrere Kostengruppen vermieden: Es gibt keinen Zwischenhandel; es gibt nur eine, nämlich die höchste Blatt-Qualität und keine breite Auffächerung des Angebotes. Der Verkauf wird in der Saison (‚Kampagne') und als Versandhandel durchgeführt. Erst seit kurzem wird der Tee auch in einigen ausgewählten Läden verkauft. In der Regel kaufen die Kunden den gesamten Jahresbedarf in großen Packungen auf einmal und lagert diesen selbst.

Das *Produkt* weist die höchste Blatt-Qualität auf und ist in der Regel frei von produktionsbedingten Rückständen. Darüber hinaus besteht in dem Unternehmen das Interesse, auch die *Produktion* dahingehend zu überprüfen, welche weiteren Möglichkeiten es gäbe, noch nachhaltiger und umweltfreundlicher zu produzieren. Durch den Bioanbau und z.B. den Verzicht auf Flugtee[9] ist das schon weitgehend umgesetzt, aber die Berechnung eines PCF bietet aus Unternehmenssicht die Möglichkeit, noch mehr zumindest über die klima-

[9] Einige Teehändler lassen den ersten Tee der Frühjahrspflückung (First Flush) einfliegen und bieten ihn als ‚Flugtee' an.

relevanten Emissionen auf dem gesamten Lebensweg des Produktes zu erfahren.

Zur Vorgehensweise

Die bilanzierte funktionelle Einheit (FE) ist die 1-kg-Tüte schwarzer Bio-Darjeeling, das ist der ‚Standard-Artikel' des Unternehmens. Es wird der Lebensweg des Produktes nachvollzogen von der Anzucht der Teebüsche über die Ernte, die Verarbeitung, den Transport nach Europa, das Abfüllen in die Tüten, der Vertrieb und die Zubereitung beim Konsumenten. Die Informationen zu den Prozessen stammen weitgehend von den jeweiligen Akteuren (Primärinformationen), die Daten zu den Emissionen weitgehend aus der Datenbank ecoinvent 2.2. Das Vorgehen orientiert sich an den Vorgehensweisen der DIN ISO 14040 und14044. Die Treibhausgas-Emissionen werden als kg CO_2e bezogen auf die funktionelle Einheit berechnet.

2.2
Tee-Anbau

Kultivierung

Da die Teekampagne ausschließlich Tee aus der Region Darjeeling vertreibt, beziehen sich die folgenden Ausführungen ausschließlich auf diese Region. Die bekannte Teeanbauregion befindet sich auf den Hängen des Himalaya im Norden Indiens zwischen Nepal und Bhutan. Das Klima erlaubt einen Anbau ohne zusätzliche Bewässerung; die Steillagen lassen keinen Maschineneinsatz zu, so dass Pflege der Gärten ausschließlich per Hand erfolgt. Zudem wird der Tee zur Erreichung der höchsten Blattqualität auch mit der Hand gepflückt.

Nach der Bepflanzung des Teegartens werden die Setzlinge etwa 5 Jahre gepflegt, ehe die erste Ernte eingebracht wird. Danach folgen etwa 95 Erntejahre. Es stehen etwa 6.670 Teebüsche auf einem Hektar, von denen jährlich etwa 400 kg Teeblätter geerntet werden können.

Düngung und Pflanzenbehandlung Biokultur

Im vorliegenden Fall wird der Anbau nach Bio-Richtlinien vorgenommen, d.h. es wird ausschließlich organischer Dünger (z.B. Bio-Kompost, entölte Rizinus-Kuchen, Kuhdung) eingesetzt und als Pflanzenbehandlungsmittel natürliche Substanzen wie Schwefel, Neem[10]- oder Kräuter-Auszüge verwendet. Der Bedarf an Dünger wird mit 1.000 bis 1.500 kg je Hektar und Jahr angegeben.

[10] Neem oder Niem ist ein tropischer bzw. subtropischer Baum, dessen Bestandteile Wirkstoffe in unterschiedlicher Zusammensetzung enthalten. Insbesondere aus den olivenähnlichen Steinfrüchten werden Öle gewonnen, die insektizide und fungizide Wirkungen entfalten. Die Pressrückstände werden als Dünger oder Viehfutter verwendet und weisen – in geringerer Intensität- auch Schutzwirkungen auf.

Biokompost und Kuhdung werden aus der Region je nach Verfügbarkeit eingesetzt. Es wird von einem N-Einsatz von 10% des Erntegewichts ausgegangen; auf dieser Faustregel beruht auch die Berechnung der Lachgasemission.

Abbildung 1: Pflückung per Hand: Two Leaves and a Bud
Quelle: Projektwerkstatt

Da keine Untersuchungen zu THG-Emissionen für Neemölproduktion vorliegen, werden ersatzweise die Werte für Palmöl herangezogen. In der zugrundeliegenden Untersuchung (Jungbluth u.v.a. 2007) wird eine Allokation über den Marktpreis vorgenommen; auch wenn es sich also um ein anderes Produkt handelt, erscheinen der klimatische Kontext (tropisch/ subtropisch), der Aufwand bei der Produktion (Pressen von ölhaltigen Früchten) und die Marktsituation (Palmöl für Kosmetik und viele andere Produkte, Neemöl zur Pflanzenbehandlung in Biokulturen) vergleichbar. In der Bilanzierung bleiben die regionalen Düngemittel unberücksichtigt, weil es sich um echte Abfallstoffe handelt. Es werden 1.000 kg/ha/a Presskuchen verwendet, die aus Westindien über ca. 2.000 km transportiert werden und zwar bis Jalpiguri mit der Bahn und dann mit kleinen LKW.

Als Pflanzenbehandlungsmittel werden organische Extrakte verwendet. Die Extrakte werden aus „Bioabfall" gewonnen. Für die Herstellung von einem Liter Spritzmittel benötigt man 10 kg entölte Neemsamen und 10 kg Reis-Spelzen. Der Boiler benötigt 5 kWh elektrischen Strom.

In der Anwendung befinden sich sowohl selbst hergestellte Mittel aus lokal verfügbaren Pflanzen als auch Fertigprodukte wie Eco Neem Plus oder Azadirachtin, das auch aus Neem-Früchten gewonnen wird. Je nach Konzentration des Mittels werden 3 bis 6 Liter je Hektar und Jahr an Behandlungsmitteln benötigt, die je nach Bedarf in 10 bis 12 Gängen gespritzt werden. Für die

Bilanz werden 5 Liter je ha/a angesetzt, die je zur Hälfte lokal produziert bzw. über 700 km Entfernung transportiert werden.

Düngung und Pflanzenbehandlung im konventionellen Anbau

Nicht alle Teegärten in der Region arbeiten nach den Bio-Richtlinien. Im konventionellen Teeanbau werden statt der Naturprodukte chemische Dünger und Pflanzenbehandlungsmittel eingesetzt. Die eingesetzten Mengen beziehen sich auf andere Gärten in der Region Darjeeling; die Vorgehensweisen in anderen klimatischen und geogenen Verhältnissen können davon abweichen.

Als durchschnittliche Düngegaben werden jährlich eingesetzt: 136 kg/ha/a Harnstoff (Urea), das aus Namrup in der Region Assam (ca. 900 km Entfernung) bezogen wird, 100 kg/ha/a Kaliumchlorid (Muriate of Potash), MOP-imported from Canada bzw. Middle East sowie 100 kg/ha/a Rohphosphat (Rock Phosphate) aus Purulia, Westbengalen (ca. 625 km).

Die durchschnittliche Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln umfasst 200 ml/ha/a Cypermethrin, 150 ml/ha/a Deltamethrin, 100 ml/ha/a Alphamethrin, 200 g/ha/a Thiamethoxam, 150 g/ha/a Lambdacyahalothrin, 5 kg/ha/a Acephate, 1 l/ha/a Quinalphos, 1 l/ha/a Propergite und 350 ml/ha/a Imidacloprid. Die Pestizide kommen überwiegend aus Chennai oder Mumbai, die Entfernung nach Darjeeling beträgt ca. 2.400km.

Klimarelevanz der Landnutzung

Die Berücksichtigung der Landnutzung stellt in CO_2-Bilanzen ein schwieriges und umstrittenes Thema dar. Zwar ist die Berücksichtigung der Landnutzungs-Änderung bei Dauerkulturen wie dem Teeanbau kein relevantes Problem, weil die Teegärten häufig mehrere Jahrhunderte betrieben werden. Die Einflüsse von Düngemitteln und die Festlegung von CO_2 im Bodenhumus werden jedoch unterschiedlich bewertet. Dabei spielt der betrachtete Zeitraum eine zentrale Rolle: Welcher Zeitraum ist in Wald- und anderen „Dauer"- Kulturen bei der CO_2-Fixierung (z.B. im Humus) erforderlich, um sie als Gutschrift in der Bilanz berücksichtigen zu können? Und umgekehrt: Wie lange vorher muss organisches Material (z.B. organischer Dünger) gebildet worden sein, um dessen Remineralisierung auf dem Feld nicht als Treibhausgas-Quelle berücksichtigen zu müssen?

Bei Mineraldüngern wäre nicht nur der Energieeinsatz bei ihrer Herstellung (Gewinnung) zu berücksichtigen, sondern ggf. auch die CO_2-Freisetzung bei der Remineralisierung des daraus gebildeten organischen Materials. Bei Naturdüngern sind die Anlieferung und die maschinelle Ausbringung als Emissionsquellen für THG zu berücksichtigen. Eine weitere Erhöhung des Klimaschädigenden Potentials ergäbe sich, wenn es durch anaerobe Abbauprozesse zur Bildung von Methan kommt.

Uneinheitlich ist vor allem die Bewertung der CO_2-Fixierung im Boden. Es gibt Abschätzungen, die von der Fixierung von 10 t CO_2/ha/a im tropischen Wald

ausgehen und von 0,87 – 5,1 t CO_2/ha/a für Teeplantagen (Mavrakis 2011:99). „Für Tee aus Kenia sollte der übliche Betrag von 0,87 kg CO_2/kg Tee ersetzt werden durch einen negativen Footprint von -3,58 kg CO_2/kg , was bedeutet, dass der Konsum jedes Kilogramms Tee rund 4 kg CO_2e bindet." (Mavrakis 2011:100, Übers. des Verf.).

Nach US Environmental Protection Agency (EPA (2012)) führt das Kompostieren von organischem Abfall netto zu einer Kohlenstoffspeicherung von 0,20 t CO_2e/tn. sh. (= 0,22 t CO2e/t) organischem Abfall bei der Ausbringung auf landwirtschaftliche Böden. Die Netto-Speicherung resultiert daraus, dass lt. EPA die Speicherung von Kohlenstoff im Boden die THG-Emissionen aus der Herstellung des Kompostes überkompensieren.

Linzner et al. (2005) gehen von einer Kohlenstoff-Fixierung im landwirtschaftlichen Boden über 50 Jahre von 25 bis 40 % aus, wobei die Zahlenwerte zur Kohlenstoff-Fixierung von der Bodennutzung, Textur des Bodens und weiteren Faktoren der Dynamik der Abbauvorgänge abhängig sind.

Offenbar sind die Möglichkeiten von „Gutschriften" stark von dem gewählten Zeithorizont abhängig; denn schließlich ist eine Festlegung im Bodenhumus nicht so stabil wie in Steinkohle oder Mineralöl (bei denen es sich allerdings auch um biogen fixiertem Kohlenstoff handelt). Das berücksichtigt auch die Bundesgütegemeinschaft Kompost: „Auf sehr lange Sicht wird unter den humiden Bedingungen Mitteleuropas auch stabile organische Substanz langsam abgebaut, so dass in Zeiträumen von 100 Jahren und mehr eine nahezu vollständige Mineralisierung eingetragener organischer Substanz angenommen werden kann. Betrachtet man solche Zeiträume, ist die o.g. Humusreproduktion nicht als CO_2-Senke anzusehen." BGK & BHE (2004).

Für die hier vorgenommene Bilanzierung werden daher folgende Annahmen getroffen:

- CO_2-Emissionen aus biogenem Kohlenstoff bleiben gemäß Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC (2006)) unberücksichtigt.
- Ebenfalls nach IPCC wird angenommen, dass 1% des Düngerstickstoffs als N_2O (Lachgas) freigesetzt werden
- Die Kohlenstoff-Fixierung, die auch in Teepflanzungen stattfindet, aber von überschaubarer Dauer ist, bleibt unberücksichtigt.

Ergebnisse Anbau

Da in den steilen Hängen des Himalaya in der Region Darjeeling keine Maschinen bei der Kultivierung eingesetzt werden, entstehen THG-Emissionen nur durch die Herstellung und den Transport der Düngemittel und Pflanzenbehandlungsmittel, durch die Lachgasemissionen sowie in der Zeit, in der die Büsche wachsen ohne abgeerntet zu werden (Aufwuchszeit). Die absolute

Höhe der Emissionen ist beim konventionellen Anbau deutlich größer (s. Abbildung 2). Dies ist in dieser Bilanz der Fall unter der Voraussetzung, dass die Produktion von Neem-Öl in Westindien ähnliche Emissionen verursacht wie die Palmölproduktion in Malaysia und die Allokation über den Preis zu ähnlichen Ergebnissen führen würde. Die Chancen dafür stehen gut, weil die Früchte und die Wirtschaftsräume vergleichbar sind und auch die Produkte (Öle) und Nebenprodukte (Presskuchen) für vergleichbare Zwecke eingesetzt/verkauft werden

Tabelle 1: Vergleich der THG-Emissionen zwischen Bio-Anbau und konventionellem Anbau in Darjeeling

	Ökoanbau kg CO_2e/kg Tee	**Konventionell** kg CO_2e/kg Tee
Düngung	3,3	9,6
PBSM [1)]	0,5	0,9
Aufwuchs	0,2	0,7
Lachgasemission	1,9	1,9
Summe	**5,9**	**13,1**

[1)] = Pflanzenbehandlungs- und Schutzmittel

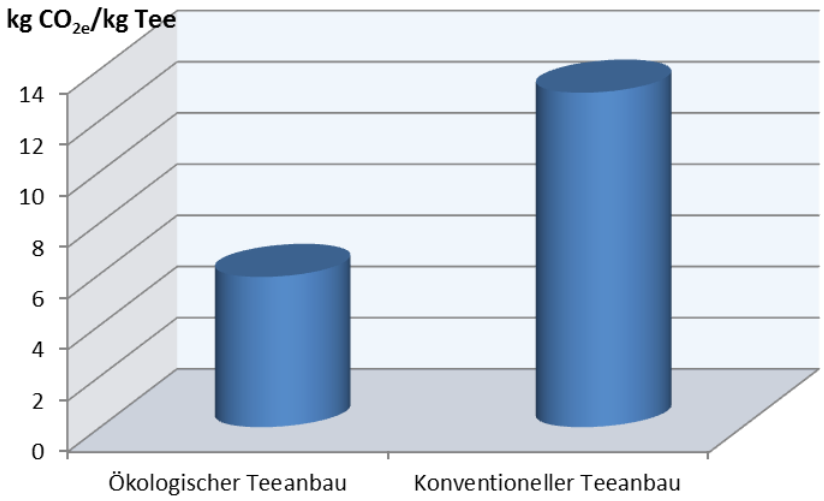

Abbildung 2: Vergleich der Emissionsmengen im Bereich Anbau

2.3
Verarbeitung der Teeblätter in Indien

Teefabrik

Die Ernte der Teeblätter erfolgt von Hand nach der Methode „Two Leaves and a Bud". Die Arbeiter kommen aus den umliegenden Dörfern zu Fuß auf die Pflanzung. Die Ernte-Saison vom First Flush beginnt im März und dauert wie die des Second Flush (ab August) etwa 6 Wochen. Dazwischen liegt die In-between- Ernteperiode und nach dem Second Flush können Herbst- und Regentees bis Oktober geerntet werden.

Die frisch gepflückten Teeblätter werden mit kleinen LKW oder mit Jeeps von der Anbaufläche in die Fabrik gefahren; die Entfernung beträgt ca. 2 km. Dort werden verschiedene Verarbeitungsschritte durchgeführt: Beim *Welken* beginnen chemische Reaktionen in den Teeblättern und sie verlieren bereits einen Teil des Zellwassers. Beim *Rollen* werden viele Blattzellen aufgebrochen und es tritt Zellsaft aus. Dieser Zellsaft ist die Basis für den folgenden oxidativen enzymatischen Reaktionsprozess, der *Fermentation* genannt wird. Danach folgt das *Trocknen*; der fermentierte Zellsaft klebt an den Blättern und gibt dem Tee die charakteristische Farbe. Beim grünen Tee wird die Fermentation nach dem Rollen unterdrückt, indem man die Blätter Wasserdampf aussetzt und dann trocknet. Schließlich wird der Tee sortiert in die handelsüblichen Blatt- und Brokengrade. Für 1 kg fertigen Tee benötigt man 4 kg frische Teeblätter. Die früher charakteristischen blechbeschlagenen Teekisten werden nicht mehr eingesetzt. Stattdessen wird der fertige Tee in innen mit Aluminium beschichtete Papiersäcke (s. Vorkette 1) abgefüllt.

Der Teegarten Chamong produziert jährlich ca. 58.000 kg Tee; hier wird für die Verarbeitung und das Abfüllen des Tees nach Möglichkeit selbst produzierter Strom aus Wasserkraft genutzt. Etwa 95% des benötigten Stroms stammen aus der eigenen Wasserkraftanlage. Darüber hinaus wird Energie aus dem staatlichem Stromnetz (state grid) bezogen. Man benötigt ca. 2 kWh für die Produktion von 1kg Tee.[11] Andere Fabriken beziehen den Strom vollständig aus dem Netz.

Ergebnisse Verarbeitung

In der Teeverarbeitung der meisten Teegärten entstehen Treibhausgas-Emissionen hauptsächlich durch den Stromverbrauch. Daher ist es eine sehr wirkungsvolle Maßnahme, den Netzstrom durch eigenen Strom aus Wasserkraft zu ersetzen. Dies senkt die Gesamtemissionen der Verarbeitung deutlich (s. Abbildung 3); damit wird in diesem Fall der Transport aus der Region Darjeeling in das Lager in Kolkata dominant.

---

[11] Diese Angabe stammt vermutlich aus den Berechnungen zur Auslegung der Wasserkraftanlage. Entsprechend ist wohl auch der Strombedarf aus Beleuchtung und Büro enthalten.

Tabelle 2: Vergleich der Emissionen zwischen der Nutzung von Netzstrom und Wasserkraft bei der Verarbeitung

	Netzstrom kg CO_2e/kg Tee	**Wasserkraft kg CO_2e/kg Tee**
Verarbeitung Fabrik	3,1	0,2
Indische Transporte	0,3	0,3
Blending, Verpacken	0,05	0,05
Summe	**3,4**	**0,5**

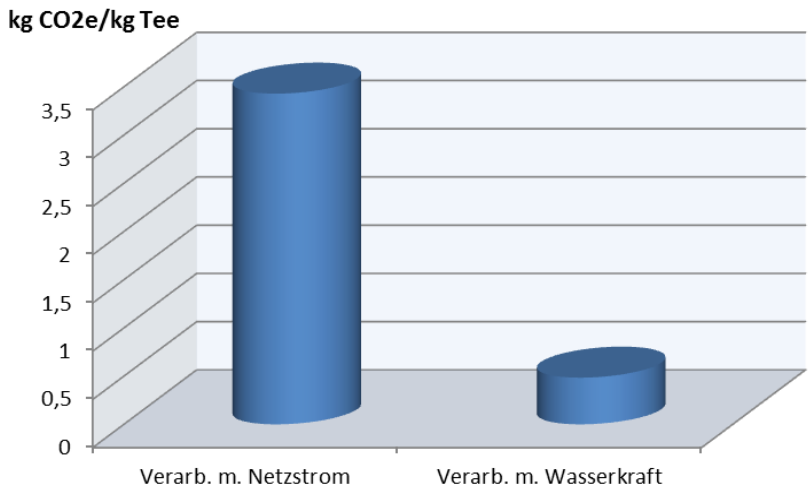

Abbildung 3: Vergleich der Emissionsmengen im Bereich Verarbeitung

Transport nach und Lagerung in Kolkata

Der Tee wird mit LKW in den Papiersäcken in ein Lagerhaus in Kolkata transportiert; für die ca. 700 km lange Strecke werden kleine LKW (ca. 7,5 t Gesamtgewicht) eingesetzt. In Kolkata findet das Blending[12] statt und der Tee wird insgesamt durchschnittlich 4-6 Wochen gelagert. Die Transportsäcke können nur einmal genutzt werden und werden nach der Nutzung mit dem Hausmüll entsorgt oder an Altwarenhändler verkauft. Für das Blending und

[12] Als Blending bezeichnet man das Mischen verschiedener Chargen von Tee, um eine gleichmäßige Qualität zu erreichen.

Lagern des Tees im Lagerhaus in Kolkata werden ca. 12 kWh/Monat verbraucht. Während der Saison lagern ungefähr 200 Tonnen Tee gleichzeitig (rotierender Zugriff). Nach dem Blending wird der Tee erneut in Papiersäcke gefüllt.

Überseetransport

In Kolkata werden die Teesäcke auf Paletten geladen, mit Stretchfolie gesichert, in einen 20- oder 40-Fuß-Container geladen und dann verschifft. Auf eine Palette passen ca. 800 kg Tee, in einen 20-Fuß-Container gehen 10 Paletten. Die Container werden in Singapur oder Colombo in ein Overseas-Containership umgeladen. Für die Bilanzierung wird von einem Seeweg von 15.000 km (über Suez-Kanal) ausgegangen.

Bei den Vergleichen mit Flugtee wird ein Direktflug von 10.000 km angenommen; der Tee wird entsprechend als Bellyfracht[13] transportiert.

2.4
Verarbeitung, Vertrieb und Nutzung in Europa

Erstempfänger und Siebung

In Europa gibt es wenige Verarbeitungsanlagen für Tee, die alle von den verschiedenen Anbietern genutzt werden. Der hier beschriebene Weg ist für den untersuchten Tee am wahrscheinlichsten und wird deshalb der Bilanzierung zugrunde gelegt: Der Tee wird von Kolkata nach Rotterdam mit Container-Schiffen transportiert. Dabei werden THG in Höhe von 0,49 kgCO_2e/kg Tee emittiert. Für denselben Transport im Flugzeug als Bellyfracht betragen die Emissionen 9,26 kgCO_2e/kg Tee[14].

In Rotterdam wird die Fracht gelöscht, der Tee zum Erstempfänger transportiert und nach kurzer Lagerung dort gesiebt; die Siebanlage arbeitet für viele Händler. Der Verlust bei der Siebung beträgt 2,5 %, der Stromverbrauch der Siebanlage beträgt 9,5 kWh/t. Danach wird der Tee in Big Bags (s. Vorkette) verpackt und per LKW zu einem Abfüllbetrieb (Konfektionierer) nach Hamburg (530 km) gefahren. Die alten (indischen Papier-) Säcke und der ausgesiebte Tee werden entsorgt; der Entsorgungsweg ist nicht bekannt.

---

13 Bellyfracht = Zuladung in einer Passagiermaschine

14 Annahmen: 16.000 km Transport im Containerschiff bzw. 10.000 km Transport als Bellyfracht, Emissionsdaten aus der DLSV-Studie

Abfüllen und Vertrieb

In Hamburg werden die Big Bags entleert und entsorgt. Der Tee wird für die Konsumenten in Tüten zu 250 g, 500 g (Grüntee) und 1.000 g verpackt. Die weitaus größte Menge kommt in 1-kg-Tüten; der Stromverbrauch der Abfüllmaschine beträgt 120 kWh/3500 kg. Die abgepackten Tüten werden ohne weiteren energetischen Aufwand gelagert und nach Bedarf über DHL an die Kunden verschickt.

Ergebnisse Weiter-Verarbeitung

Abbildung 8 zeigt die Stationen und die dazugehörigen Emissionen: Transporte erfolgen vom Hafen zum Erstempfänger, von dort zur Siebanlage und schließlich zum Abfüller. Das Einsacken enthält den Big Bag, das Eintüten die 1-kg-Tüte nebst Etiketten und das Paket den Karton sowie die gedruckten Beilagen. Für den Versand wird eine Entfernung von 500 km angenommen; damit wird die Strecke vom Abfüllbetrieb in Hamburg zu einem regionalen Umschlaglager der DHL in der Mitte Deutschlands erfasst. Das Sieben und das Einsacken in Big Bags sind von untergeordneter Bedeutung; die Verpackungsmaterialien (1-kg-Tüte und Versandpaket nebst Werbung) für den Endverbraucher machen über die Hälfte dieses Bereichs aus (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Emissionen bei der Weiterverarbeitung des Tees in Europa

	kg CO_2e/kg Tee
Europäische Transporte	0,1
Sieben und Einsacken	0,06
Eintüten	0,2
Versandpaket	0,2
Paket-Transport	0,1
Summe	**0,59**

2.5
Vorketten: Herstellung von Tüten, Kartons und Big Bags

Vorkette 1: Teesäcke Indien

Die Teesäcke in Indien bestehen aus 4 Lagen Packpapier, von denen die innerste Lage außen mit Aluminium beschichtet ist. Diese Säcke kommen aus Orissa, ca. 200 km entfernt von Kolkata. Der Transport erfolgt überwiegend per LKW (nur selten per Bahn). Der Aluminiumhersteller ist ca. 400 km vom Papiersackhersteller entfernt. Der Papiersackhersteller und der Papierproduzent sind ca. 300 km von einander entfernt. Ein Sack wird mit 38 kg Tee befüllt und hat ein Eigengewicht von 730 g.

Für Verpackungen aus Verbundmaterialien liegen keine Untersuchungen zu den Treibhausgasemissionen vor. Dies ist einerseits bedauerlich, da solche Materialien in Verbindung mit fast jedem Produkt genutzt werden. Andererseits ist die Vielfalt der Verpackungsmaterialien sehr groß und unübersichtlich. Zudem ändern sich Hersteller, Herstellungsverfahren und verwendete Stoffe in schneller Folge, so dass in jedem Fall Annahmen getroffen werden müssen.

Für die Bilanz wurde ein Sack vermessen und gewogen. Die Schichtdicke des Aluminiums wurde mit 20 µm angenommen; dies ist eine mittlere Schichtdicke und erscheint der Funktion der Feuchtigkeitssperre angemessen. Die Herstellung der Säcke besteht nur aus dem Zuschneiden und Falten des Ausgangsmaterials sowie der Fixierung der Schichten an wenigen Stellen; Herstellungs- und Transportprozesse bleiben wegen Geringfügigkeit unbeachtet. Für das Aluminium ist es von Bedeutung, zu welchen Anteilen Aluminiumschrott bei der Verhüttung verwendet wurden. Da dies im Rahmen dieser Bilanz nicht feststellbar war, wurde hier die Verwendung von ausschließlich neuem Alu (Variante mit den größten Emissionen) angenommen.

Vorkette 2: Big Bags in Rotterdam

Die hier benutzten Big Bags wiegen je 2,37 kg werden mit 350 kg Tee befüllt. Die Herstellerfirma befindet sich in der Türkei, so dass ein Transport von 2.300 km anfällt.

Die Big Bags bestehen aus Polypropylen und werden aus PP-Granulat gegossen bzw. aus PP-Fäden zu einem Big Bag gewebt oder geflochten. Details der Herstellung sind nicht öffentlich zugänglich. Obwohl die Säcke einen Entleerungsstutzen aufweisen, werden sie nach dem Transport entsorgt; das Reinigen für eine lebensmittelgerechte Wiederverwendung wäre zu aufwendig.

Der Energieaufwand bei der Herstellung (Weben/Flechten) ist nicht bekannt und wegen der gemeinsamen Herstellung vieler verschiedener Modelle ohne eigene Studie nicht ermittelbar. Er bleibt daher in der Bilanz unberücksichtigt; es wird von der Entsorgung der benutzten Big Bags in der Hausmüllverbrennung ausgegangen.

Vorkette 3: Tee-Tüten

Die Tüten für den Verkauf an Endkunden bestehen aus zwei Lagen Papier, wobei die äußere Lage außen mit Aluminium beschichtet bzw. bedampft ist. Sie tragen auf der Vorder- und Rückseite je ein großes Etikett (s. Abbildung 4).

Die Tüten werden von unterschiedlichen Herstellern von Verpackungsmaterial meistens aus Deutschland bezogen. Diese beziehen die Grundmaterialien von unterschiedlichen Firmen in Europa (z.B. aus Spanien) und das zu deren Herstellung verarbeitete Aluminium stammt aus europäischen Aluminiumhütten, z.B. aus Italien und aus Finnland.

Zitat: „Das Grundmaterial der Tee-Tüten kam letztes Mal aus Spanien. Sie kaschieren sowohl die Aluseite als auch die Papierseite zu einem Material, woraus dann in Deutschland die Beutel gefertigt werden. Zum Energieaufwand für das Kaschieren des Materials kann der Hersteller keine Angaben machen, da in der Produktionshalle nur ein Stromzähler läuft und man sich dort noch nie Gedanken um die Zuordnung gemacht hat."

Damit ist die Situation ähnlich wie bei den Säcken in Indien: Die für das jeweilige Vorprodukt benötigten Materialien sind Massenprodukte und werden ohne langfristige Lieferbindungen eingekauft. Es ergeben sich somit zum einen keine stabilen Kundenbeziehungen, die man für Recherchen nutzen könnte. Zum anderen produzieren auch die Hersteller viele verschiedene Produkte gleichzeitig, so dass selbst bei einer Auskunftsbereitschaft eine Zuordnung des Energieaufwands für die Herstellung eines speziellen Produkts nicht ohne eingehende Untersuchung machbar ist. Es wurde daher nur die Herstellung der Ausgangsmaterialien, nicht aber deren Weiterverarbeitung zu Tüten berücksichtigt.

Abbildung 4: Verpackung des Tees in der Kilo-Tüte
Quelle: Projektwerkstatt (l), eigenes Foto (r)

Für das Aluminium wurde zu 100% neue Produktion (keine Verwendung von Aluschrott) angenommen; als Entsorgungsweg wurde die Verbrennung im Hausmüll berücksichtigt. Die Tüte wurde vermessen und gewogen; die Schichtdicke des Aluminiums wurde mit 10 µm angenommen.

Die Etiketten haben eine Fläche von 191 cm² und sind aus Papier, die UV-Bedruckung der Etiketten benötigt 180 kWh/3000 E.

Vorkette 4: Versandkartons

Im Nutzungsszenario bestellt der Kunde seinen jährlichen Bedarf von insgesamt 6 kg Tee. Ein entsprechender Versandkarton wiegt 560 g. Auch hier wird nur das Material und die Entsorgung in der Hausmüllverbrennung berücksichtigt, nicht aber der Energieaufwand für die Herstellung (Zuschneiden und Falten) des Kartons.

Zu dem Karton kommen noch Beilagen: Informationsmaterial, die Rechnung und weitere Bestellscheine, die insgesamt mit 240 g Papier in der Bilanzierung berücksichtigt werden; das Bedrucken dieses Papiers wird ebenfalls eingerechnet.

2.6
Übersicht der THG-Emissionen für Darjeeling-Tee

Die Übersicht der THG-Emissionen für Darjeeling-Tee ist in drei Teile gegliedert: Im ersten Teil werden alle Stationen der Produktion bilanziert, von der Pflanzung der Büsche bis zum Regionallager des fertigen Produkts; diesen Teil gestaltet der Produzent. Im zweiten Teil werden Einkauf, Nutzung und Entsorgung des Produktes bilanziert; dieser Teil wird von dem jeweiligen Kunden ausgeführt. Im dritten Teil werden die beiden Teilbilanzen zusammengeführt.

2.6.1
Emissionen bei der Teeproduktion

Die Produktion wird in die Teile Anbau (= Anzucht, Düngung, Pflanzenbehandlung und Ernte), Verarbeitung (= Welken, Rollen Fermentieren, Trocknen, Abfüllen, Blending), Überseetransport, Weiterverarbeitung (Sieben, Konfektionieren) und den Transport in ein Regionallager aufgeteilt. Es wurden die Varianten Bio-Dajeeling mit und ohne Verwendung von Wasserkraft sowie konventionell angebauter Darjeeling-Tee mit Schiffstransport und als Flugtee verglichen (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: THG-Emissionen bei verschiedenen Varianten der Produktion

	Bio-Anbau			konventioneller Anbau	
	mit Wasserkraft	mit Netzstrom	als Flugtee	Schiffstransport	als Flugtee
	kg CO_2e/kg Tee	kg CO_2e/kg Tee	kg CO_2e/kg Tee	kg CO_2e/kg Tee	kg CO_2e/kg Tee
Anbau	6,0	6,0	6,0	13,1	13,1
Produktion	0,5	3,4	3,4	3,4	3,4
Überseetransport	0,5	0,5	9,5	0,5	9,5
Sieben und Eintüten	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Vertrieb	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Summen	**7,5**	**10,5**	**19,5**	**17,6**	**26,6**

Es wird deutlich, dass der Anbau die größte Rolle bei der Herstellung von Tee spielt; das gilt für Bioanbau wie für den konventionellen Anbau. Die Verwendung von Ökostrom macht sich deutlich positiv bemerkbar. Wird der Tee geflogen, sind die Flugemissionen der zweitgrößte Anteil, noch vor dem Strombedarf der gesamten Verarbeitung.

Die Verhältnisse der absoluten Größen zeigt Abbildung 5. Die Ersparnis des Ökostroms ist ebenso erkennbar wie die höheren CO_2e-Emissionen im konventionellen Anbau. Es zeigt sich aber auch, dass Bio-Tee als Flugtee mehr Emissionen verursacht als konventioneller Tee mit Schiffstransport. Der konventionell angebaute Tee als Flugtee verursacht Emissionen in dreifacher Höhe wie Biotee mit Schiffstransport.

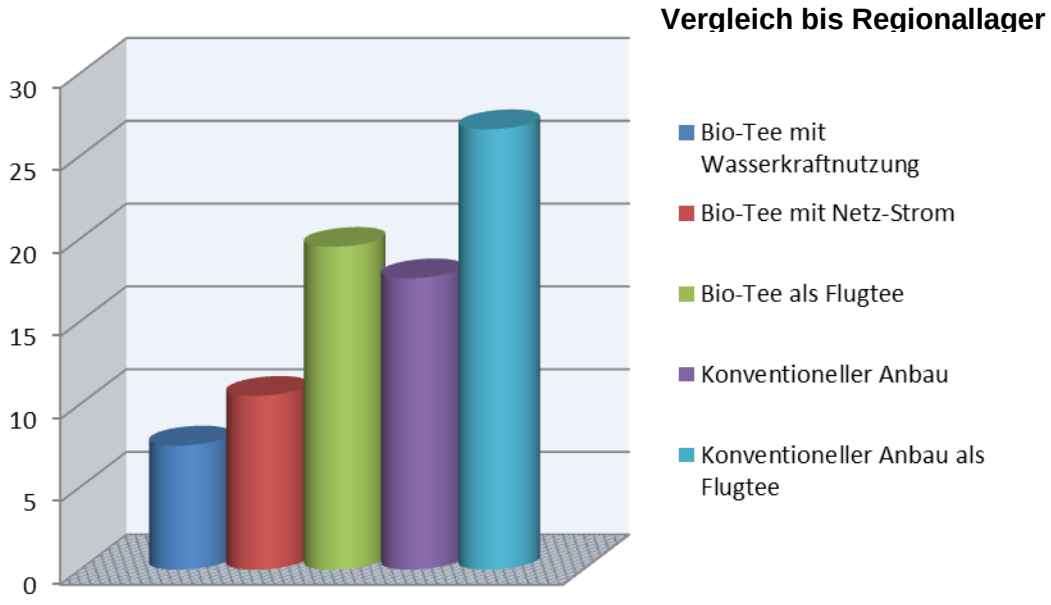

Abbildung 5: Vergleich der Anbau- und Transportvarianten

2.6.2
Emissionsbilanz im Bereich der Nutzungen

Für die Auslieferung (in gewisser Analogie zur Einkaufsfahrt) wird eine Strecke von 50 km angenommen. Der Auslieferer trifft den Adressaten an, so dass keine kundenseitige Einkaufsfahrt anfällt. Nach den Grundsätzen der Teekampagne übernimmt der Kunde die Lagerung für den Jahresbedarf (daher Kampagne: Der Kunde kauft in der Regel nur einmal im Jahr). Im Haushalt ist der Tee an einem trockenen Standort ohne weiteren energetischen Aufwand mehrere Jahre lagerbar.

Für die eigentliche Nutzung wird die Zubereitung von einer Kanne (1 Liter) Tee bilanziert. Dazu werden in allen Varianten 8 g Tee (Empfehlung der Teekampagne) verwendet. Der Tee wird in einer separaten Kanne aufgegossen und nach der Ziehzeit abgesiebt, so dass kein weiterer Materialverbrauch (z.B. Teefilter) stattfindet. Das Spülen der Teetasse und der Kanne werden wegen Geringfügigkeit nicht berücksichtigt. Die Entsorgung der benutzten Teeblätter erfolgt über den Biomüll.

Da die Zubereitung einen hohen Anteil an THG-Emissionen erzeugt, werden Vergleichsszenarien berechnet:

Szenario 1: Es wird Leitungswasser im Wasserkocher zum Kochen gebracht.

Szenario 2: Es wird Leitungswasser auf der Herdplatte zum Kochen gebracht.

Szenario 3: Es wird ein Wasserfilter (Kalkfilter) benutzt.

Szenario 4: Es werden 1,5 l Leitungswasser im Wasserkocher zum Kochen gebracht (0,5 l zum Anwärmen der Kanne)

Szenario 5: Es wird Tafelwasser (Flasche) zur Zubereitung verwendet.

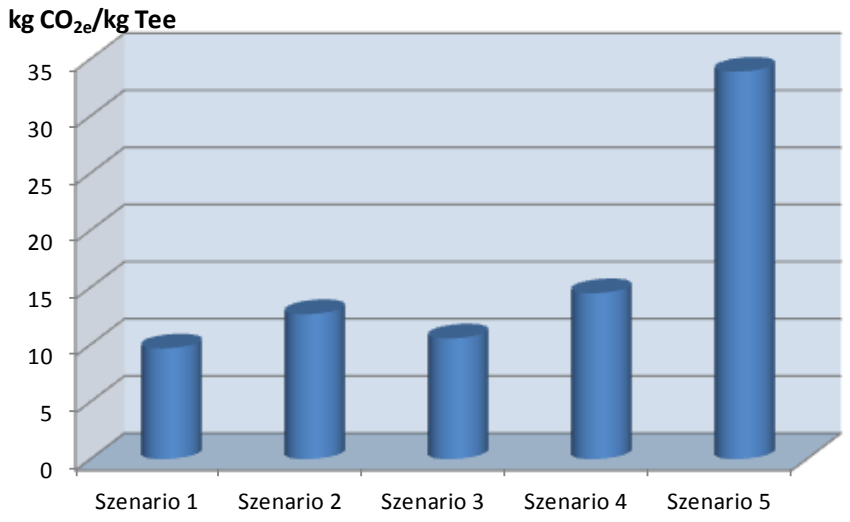

Abbildung 6: Vergleich der THG-Emissionen der fünf Zubereitungs-Szenarien

Exkurs: Einkaufsfahrt

In der Regel wird Tee in Fachgeschäften und Supermärkten in kleinen Packungen verkauft. Abgesehen von den differierenden Werten für die Verpackung soll hier ein Vergleich der Vertriebswege versucht werden. Zugrunde gelegt wird eine Fahrt von 2x5 km mit dem Auto. Diese Fahrt erzeugt etwa 2,0 kg CO_2e. Bei dem leichten und eher hochpreisigen Produkt stellt sich nun das Problem der Zuordnung der anteiligen Emissionen im Verhältnis zum gesamten Einkauf. Geht man von Waren von insgesamt 10 kg Gewicht und 40 Euro Wert aus, ergibt eine Allokation über den Preis einen Anteil von 25% und über das Gewicht einen Anteil von 2%. Entsprechend erzeugt die Einkaufsfahrt für 200 g Tee Emissionen von 2,5 kg CO_2e/kg Tee oder 0,2 kg CO_2e/kg Tee. Die Fahrt mit einem Pedelec würde etwa 1/5 der Emissionen verursachen, wenn hier nur 5 kg Ware zu 20 Euro angesetzt werden. Die Fahrt mit dem Fahrrad wäre ohne Emissionen. In dem Auslieferungsszenario für den Teeversand wird eine Auslieferungsfahrt von 50 km über das Gewicht alloziiert („Tonnenkilometer"). Hier fallen nur 0,05 kg CO_2e/kg für das Kilo Tee an (s. Abbildung 7).

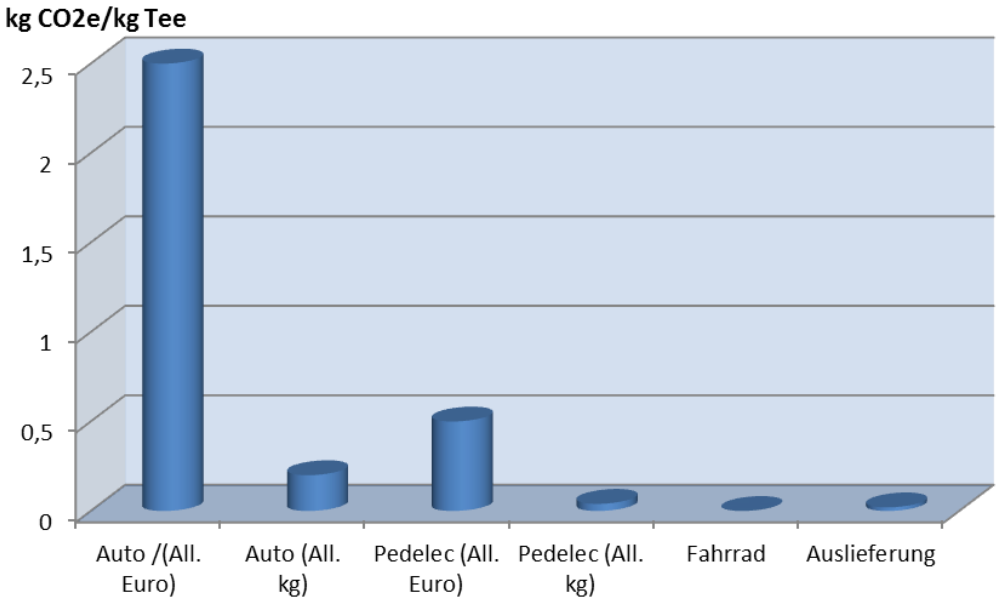

Abbildung 7: Vergleich verschiedener Varianten der Einkaufsfahrt mit der Auslieferung

2.6.3
Gesamtbilanz für Darjeeling-Tee einschließlich Nutzung

Für die Gesamtbilanz werden zunächst der Bio-Anbau und der konventionelle Anbau verglichen. Dazu wird das Nutzerszenario 1 (Wasserkocher) verwendet, das vermutlich das am häufigsten zutreffende sein dürfte (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Gesamtbilanz unterschiedlicher Herstellungsarten und Überseetransporte unter Berücksichtigung des Nutzungsszenarios 1

	Bio-Anbau			**konventioneller Anbau**	
	Wasserkraft	**Netzstrom**	**Flugtee**	**Schiff**	**Flugtee**
	kg CO_2e/kg Tee			**kg CO_2e/kg Tee**	
Anbau	6,0	6,0	6,0	13,1	13,1
Produktion	0,5	3,4	3,4	3,4	3,4
Überseetransport	0,5	0,5	9,5	0,5	9,5
Sieben und Eintüten	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Vertrieb	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Nutzungsszenario 1	9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Summen	**17,3**	**20,3**	**29,3**	**27,4**	**36,4**

Dazu werden die Gesamtbilanzen in Abhängigkeit der verschiedenen Nutzungsszenarien auf der Basis des Bio-Tees mit Wasserkraftnutzung verglichen (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Ergebnisvarianten für Bio-Tee mit Wasserkraft in den 5 Zubereitungsszenarien

Szenario 1		**Szenario 2**		**Szenario 3**		**Szenario 4**		**Szenario 5**	
alle Szenarien in kg CO_2e/kg Tee									
1 kg Tee	7,5	1 kg Tee	7,5	1 kg Tee	7,5	1 kg Tee	7,5	1 kg Tee	7,5
Trinkwasser	0,04	Trinkwasser	0,04	Trinkwasser	0,04	Trinkwasser	0,04	Mineralwasser	24,3
Wasserkocher	9,6	Herdplatte	12,6	Wasserkocher	9,6	Wasserkocher	9,6	Wasserkocher	9,6
				Wasserfilter	0,9	Kanne wärmen	4,8		
Abfall	0,15	Abfall	0,15	Abfall	0,15	Abfall	0,15	Abfall	0,15
Summen	**17,3**		**20,3**		**18,2**		**22,1**		**41,5**

Es wird deutlich, dass bei der Herstellung von Bio-Tee der Anbau und die Verarbeitung in Indien die wesentlichen Komponenten der anfallenden THG-Emissionen sind. Insgesamt überwiegt jedoch die Zubereitung, die fast die Hälfte der Gesamtbilanz ausmacht. Beim konventionell erzeugten Tee werden beim Anbau die meisten Emissionen freigesetzt, durch die Zubereitung etwas weniger. Die weiteren Bereiche spielen eine untergeordnete Rolle.

Einen weiteren Vergleich zeigt Abbildung 8. Hier sind die berechneten Bestandteile anders zusammengefasst. Bemerkenswert sind die wider Erwarten geringen Anteile aller Transporte und Verpackung an der Bilanzsumme. Hingegen hat die düngerinduzierte N_2O-Emission (Lachgas) bim Tee einen nennenswerten Anteil.

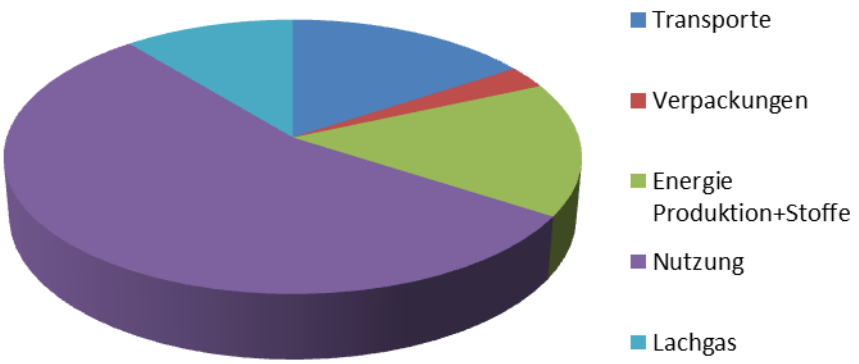

Abbildung 8: Aufteilung der CO_2e-Emissionen für Bio-Darjeeling-Tee nach den verschiedenen Bereichen

Die Tabelle 7 zeigt die Ergebnismatrix aller berechneten Herstellungsvarianten und Nutzungsszenarien in Kombination. Es werden die Werte für die funktionelle Bilanzeinheit (1 kg Tee) dargestellt sowie die Umrechnungen auf eine Kanne (1 Liter) und eine Tasse (0,125 Liter) Tee.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Bilanzwerte

Übersicht THG-Binlanzen für Darjeeling-Tee	nur Herstellung	mit Nutzung 1	mit Nutzung 2	mit Nutzung 3	mit Nutzung 4	mit Nutzung 5
je kg Tee	$kgCO_2e$	$kgCO_2e$	$kgCO_2e$	$kgCO_2e$	$kgCO_2e$	$kgCO_2e$
ökol. Anbau mit Wasserkraftnutzung	7,5	17,3	20,3	22,1	18,2	41,5
ökologischer Anbau	10,5	20,3	23,3	25,1	21,2	44,5
ökologischer Anbau als Flugtee	19,5	29,3	32,3	34,1	30,2	53,5
konventioneller Anbau	17,6	27,4	30,4	32,2	28,3	51,6
konventioneller Anbau als Flugtee	26,6	36,4	39,4	41,2	37,3	60,6
je Kanne Tee	gCO_2e	gCO_2e	gCO_2e	gCO_2e	gCO_2e	gCO_2e
ökol. Anbau mit Wasserkraftnutzung	60,0	138,4	162,4	176,8	145,6	332,1
ökologischer Anbau	84,0	162,4	186,4	200,8	169,6	356,1
ökologischer Anbau als Flugtee	156,0	234,4	258,4	272,8	241,6	428,1
konventioneller Anbau	140,8	219,2	243,2	257,6	226,4	412,9
konventioneller Anbau als Flugtee	212,8	291,2	315,2	329,6	298,4	484,9
je Tasse Tee	gCO_2e	gCO_2e	gCO_2e	gCO_2e	gCO_2e	gCO_2e
ökol. Anbau mit Wasserkraftnutzung	7,5	17,3	20,3	22,1	18,2	41,5
ökologischer Anbau	10,5	20,3	23,3	25,1	21,2	44,5
ökologischer Anbau als Flugtee	19,5	29,3	32,3	34,1	30,2	53,5
konventioneller Anbau	17,6	27,4	30,4	32,2	28,3	51,6
konventioneller Anbau als Flugtee	26,6	36,4	39,4	41,2	37,3	60,6

2.7
Erfahrungen und Schlussfolgerungen

Erfahrungen bei der Informationsbeschaffung

Die Recherchen bei den direkten Kooperationspartnern der Projektwerkstatt waren geprägt von der großen Bereitwilligkeit, die gestellten Fragen zu beantworten. Die teilweise großen Entfernungen und die Informationsstafette: Darmstadt (Formulierung der Fragen) – Potsdam (Übersetzung und Verteilung an die zuständigen Adressaten) - Kolkata (Agenten vor Ort, Einholung der Informationen teilweise bei den Betreibern der Gärten und Fabriken) – Potsdam (Übersetzung und Zuordnung der Informationen zu den Fragen) – Darmstadt (Verarbeitung der Informationen in der Bilanz und Aufzeigen der verbliebenen Lücken) haben relativ geringe Verluste verursacht. Manchen Beteiligen fiel es schwer, sich auf die Sichtweise der Bilanzierung einzulassen.

Schwieriger gestaltete sich die Zusammenarbeit mit den Zulieferern von Massenprodukten, also Dünger, Säcke, Big Bags oder Tüten. Das hat mehrere Ursachen:

- Die Perspektive der Klimarelevanz ihrer Produkte bzw. Produktionsweisen hatten die meisten zuvor noch nicht eingenommen, u.a. weil sie nicht an Endkunden liefern.
- In den Produktionsanlagen werden Massenprodukte in vielen verschiedenen Varianten hergestellt; die Verfolgung *eines* Produktes (z.B. im Gegensatz zu einem Corporate Footprint) ist daher nicht naheliegend.
- Die Zulieferer von Basis- und Vorprodukten ändern sich marktbedingt ebenso schnell wie die Abnehmer. Das ist einerseits der Motivation abträglich, für den (momentanen) Kunden Informationen zu erarbeiten, andererseits würden die häufigen Veränderungen von Lieferanten ständig neue Recherchen zu den Produktionsweisen, Transportwegen usw. erfordern.

Da diese Produkte nur geringe Anteile an der Gesamtemission haben, war es sinnvoll, auf Literaturdaten zurückzugreifen und eigene Berechnungen anzustellen.

Emissionsdaten

Um den identifizierten Einsätzen von Stoffen und Energieträgern Emissionen zuordnen zu können, wurden in der Regel Daten aus der Datenbank ecoinvent 2.2 verwendet. Für eingesetzte Agrarchemikalien stehen hier nur pauschale Werte zur Verfügung, für Verbundverpackungen gar keine. Zu letzteren wurden eigene Berechnungen angestellt.

Für den Bereich Transporte wurden Werte für LKW-, Schiffs- und Flugtransporte aus der Studie „Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik" (DLSV/IFEU/ Ökoinstitut) entnommen, die bessere Differenzierungen als ecoinvent 2.2 ermöglicht.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

(1) Für *Teeproduzenten* wird deutlich, welche Bereiche für den Klimaschutz relevant sind: Düngung und Pestizideinsatz beim Anbau sowie die Stromerzeugung bei der Verarbeitung. Der Überseetransport ist nur von Bedeutung, wenn er mit dem Flugzeug stattfindet.

(2) Für die *Kunden* wird deutlich, dass das Erwärmen von Teewasser eine große Rolle spielt; das erlaubt auch Analogieschlüsse zu anderen Bereichen, in denen warmes Wasser eine Rolle spielt, z.B. Duschen, Wäschewaschen und Geschirrspülen sowie die Raumheizung. Ebenso ist die Einkaufsfahrt mit dem Auto von hoher Bedeutung, die allerdings in diesem Fall nicht stattfindet. Auch die Vorzüge von Leitungswasser gegenüber Flaschenwasser werden deutlich.

(3) Die quantitativen Ergebnisse machen die große Spannweite der Handlungsoptionen deutlich, zumal wegen der einheitlichen Berechnungsweise und Systemgrenzen in diesen Vergleichen die ansonsten hinderlichen methodischen Unsicherheiten vermieden sind. Zwischen der optimalen Vorgehensweise: Biologischer Anbau, Verarbeitung mit Wasserkraft, Verschiffung und Zubereitung mit Wasserkocher und ohne Kannenerwärmung (17,3 kg CO_2e/kg Tee) und dem worst case: Konventioneller Anbau, Verarbeitung mit Netzstrom, Flugtransport und Zubereitung mit Flaschenwasser (60,6 kg CO_2e/kg Tee) liegt etwa der Faktor 3,5.

(4) Für die Methode des PCF kann also hinsichtlich des Produkts Tee festgestellt werden, dass eine Reihe von Erkenntnissen produziert wurden, die für Hersteller und Nutzer von Bedeutung sind. Allerdings ist der Aufwand ziemlich hoch, solange nicht durch die Festlegung von produktkategoriebezogenen Regeln Vereinfachungen vorgenommen werden können. Im Bereich der Nutzung sind ebenfalls produktkategoriebezogene Regeln erforderlich, insbesondere für das Nutzungs-Szenario, die Einkaufsfahrt und hinsichtlich der Allokationsregeln.

(5) Für die Nutzer können die Hinweise gegeben werden, dass Einkaufen mit dem Fahrrad oder zu Fuß und die Nutzung von Leitungswasser dem Klima weit zuträglicher sind als die Alternativen und dass dieses persönliche Verhalten einen größeren Einfluss hat als die Wahl eines speziellen Konsumprodukts. Zumindest beim Tee.

(6) Im Hinblick auf die Transporte bleibt die bekannte Kritik, dass hier nur ein Teil der Umweltauswirkungen erfasst wird und die Inanspruchnahme von Fläche und die Emissionen von z.B. kanzerogenen Stoffen oder Lärm unberücksichtigt bleiben.

3
Fallstudie Rotes T-Shirt aus Bio-Baumwolle

3.1
Unternehmen und Intention der Untersuchung

Die Quantifizierung der klimarelevanten Emissionen für ein Damen-T-Shirt aus biologisch angebauter Baumwolle wird als Fallbeispiel des Forschungsprojektes PCF-KMU von dem Forschungsverbund der Hochschulen Darmstadt, Bingen und Pforzheim durchgeführt, der vom BMBF gefördert wird.

Das kooperierende Unternehmen ist die Firma Hess Natur (hessnatur) in Butzbach. Es vertreibt Natur-Textilien z.B. aus Baumwolle, Hanf oder Wolle (Schaf, Yak, Kamel, …). Das Unternehmen wurde 1976 von Heinz Hess gegründet aus dem Bedürfnis nach reiner, natürlicher und unbehandelter Babybekleidung. Mittlerweile setzt hessnatur ca. 70 Mio. Euro jährlich um.

Die Herstellung aller angebotenen Artikel (ca. 5000 je Saison) unterliegt den hessnatur-Qualitätsrichtlinien. Diese werden in enger Zusammenarbeit mit den hessnatur-Lieferanten angewendet, d.h. es wird bei jedem Artikel überprüft, ob die Vorgehensweise den Standards von hessnatur entspricht. Die Daten werden dokumentiert, geprüft und bewertet sowie ggf. vor Ort kontrolliert. Die kontrolliert biologische Fasergewinnung unterliegt stets der Kontrolle durch unabhängige Zertifizierungsorganisationen und wird zusätzlich über Zertifikate nachgewiesen und dokumentiert.

Die ausführliche Dokumentation und Überprüfung der Artikel ist zudem die Basis für die Zertifzierung von hessnatur nach dem Global Organic Textile Standard (GOTS). Das GOTS-Siegel garantiert höchste ökologische Standards entlang der textilen Kette.

Außerdem verfolgt hessnatur hohe soziale Standards: Seit 2006 gibt es bei hessnatur die Zertifizierung „Audit Beruf und Familie".

Hohe soziale Standards werden auch in den zuliefernden Betrieben gefordert und durchgesetzt: Im Jahr 2005 ist hessnatur als erstes deutsches Unternehmen der niederländischen Fair Wear Foundation (FWF) beigetreten, die sich als unabhängige Multistakeholder-Organisation für eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen in den Konfektionsbetrieben weltweit einsetzt. Dabei unterstützen die FWF-Auditoren die Experten in dem Unternehmen durch Betriebskontrollen in den Nähereien, wobei sie die Einhaltung der hessnatur-Sozialstandards kontrollieren und dokumentieren (s.a. Sozialbericht 2011/2012).

Die unternehmenseigenen Qualitätsrichtlinien fokussierten zunächst schadstofffreie Produkte und eine sozial ausgerichtete Produktion (siehe u.a. hessnatur: Bericht zur Nachhaltigkeit 2013). Darüber hinaus wird nun untersucht, inwieweit gewährleistet ist, dass die Umwelt bei Produktion und Vertrieb

möglichst wenig in Anspruch genommen wird bzw. an welchen Stellen noch Verbesserungsmöglichkeiten zu finden sind. Durch den kontrolliert biologischen Anbau (kbA) und den Verzicht auf giftige Chemikalien ist der Umweltschutz schon weitgehend umgesetzt, aber die Berechnung eines PCF bietet aus Unternehmenssicht die Möglichkeit, noch mehr zumindest über die klimarelevanten Emissionen auf dem gesamten Lebensweg des Produktes zu erfahren; sie stellt einen Teil der strategischen Ausrichtung von hessnatur auf umfassende Nachhaltigkeit dar.

Methodik

Die bilanzierte funktionelle Einheit ist ein rotes T-Shirt für Damen; es unterscheidet sich von der Ausführung für Herren in der Größe (Gewicht) und in den Schnittverlusten. Die Farbe (kräftig, pastell oder weiß) induziert unterschiedliche Färbe-Prozesse.

In der Bilanz wird der gesamte Lebensweg des Produktes nachvollzogen vom Anbau der Baumwolle in Afrika über sämtliche Verarbeitungsschritte in Südeuropa, über den Vertrieb bis zur Nutzung durch die Kundin. Die Informationen zu den Prozessen stammen weitgehend von den jeweiligen Akteuren (Primärinformationen), die Daten zu den Emissionen weitgehend aus der Datenbank ecoinvent 2.2. Das Vorgehen orientiert sich an den Vorgehensweisen der DIN ISO 14040 und14044.

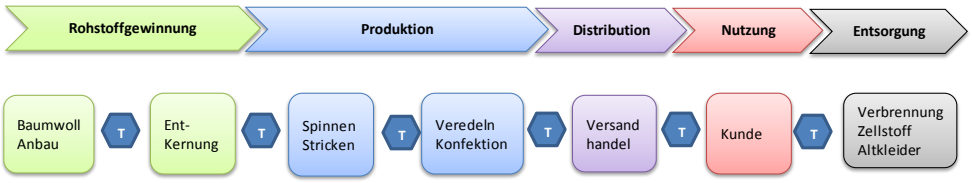

Abbildung 9: Bilanzierte Stationen auf dem Lebensweg eines T-Shirts

3.2
Baumwoll-Anbau

Kultivierung

Im *kontrolliert biologischen Anbau* (kbA) wächst Baumwolle ganz ohne Chemie auf. Spezielles Wissen ist Voraussetzung, um die Anbaumethode an die Gegebenheiten der jeweiligen Region anzupassen. Als Düngemittel wird lokal verfügbarer Hofdünger benutzt, das sind im wesentlichen Mist und Kompost. Pflanzenbehandlung wird per Hand und mit schonenden Mitteln wie Neem-Extrakten oder Bazillus Thuringiensis (Bt) durchgeführt. Das Prädikat „kontrolliert biologisch angebaute Baumwolle“ wird erst dann vergeben, wenn der Boden mindestens drei Jahre lang chemiefrei kultiviert wurde. Die verfügbare Menge von Bio-Baumwolle ist mit insgesamt 14.800 Tonnen (Gesamtproduk-

tion etwa 23 Mio. Tonnen, s. usda.gov 2011) derzeit sehr gering, jedoch sind die Steigerungsraten beachtlich (s. Abbildung 10).

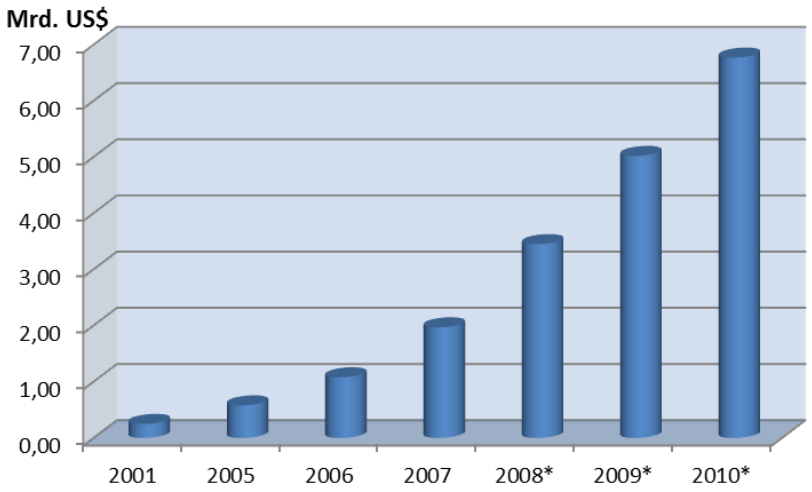

Abbildung 10: Weltweiter Umsatz mit Produkten aus Bio-Baumwolle (* = geschätzt) (Quelle: SevenOne Media 2010)

Das Anbaugebiet für die in dieser Fallstudie verwendete Bio-Baumwolle liegt in Burkina Faso und umfasst 4157 ha. Hier wird Baumwolle im Fruchtwechsel mit Leguminosen (z.B. Bohnen, Erdnüsse) und Getreide (z.B. Hirse) angebaut. Benötigt werden etwa 50 kg/ha Saatgut, das überwiegend in der zentralen Ginning-Anklage gewonnen wird und weitgehend aus ökologischem Anbau stammt (die Mischung mit konventionellem Saatgut ist zulässig). Das eigene Saatgut kann 4-5mal wiederverwendet werden, dann verliert es seine Eigenschaften. Daher wird etwa 5% (Motherseeds) von einer Saatgutreproduktionsstation zugekauft. Wasser erhalten die Pflanzen ausschließlich durch Regen, eine zusätzliche Bewässerung erfolgt nicht.

Für die Düngung werden ausschließlich lokal verfügbare Materialien wie Mist oder Kompost verwendet. Zur Schädlingsbekämpfung werden Spritzmittel aus Neem-Nüssen verwendet. Neem wird im Schnitt 6 Mal pro Saison verspritzt, dazu braucht es 25-30 kg Neem Kerne je Hektar, die von Bäumer in der Umgebung gesammelt werden. Für die Herstellung des Spritzmittels werden die Kerne im Mörser mit Hand gestampft und anschließend mit Wasser vermengt und 2-3 Tage stehen gelassen. Bazillus Turigensis wird nur in kleinen Mengen ausgebracht: „einige Zehnergramm Pulver, welches in Wasser vermischt wird, reicht für die Pflanzperiode".

Die Bauern benutzen keine motorbetriebenen Maschinen, d.h. die Feldbearbeitung wird mit Ochsen durchgeführt. Die Bearbeitung während des Wuchses und die Ernte ist Handarbeit; letztere wird in drei Durchgängen durchgeführt, so dass alle Kapseln den optimalen Reifegrad haben. Nach der Ernte

wird die Rohbaumwolle (seed cotton) mit Eselskarren zum Verladeplatz gefahren, von dort mit LKW zur 450 km entfernten Entkörnungs-Anlage in Banfora, im Südwesten Burkina Fasos.

Beim Entkörnen (Ginnen) wird die Baumwolle zunächst von groben Verunreinigungen, wie Gräser Laub, Steine und Erde befreit. Die Baumwollsamen werden dann von der Baumwolle getrennt. Ein Teil der Samenwird im kommenden Jahr wieder als Saatgut verwendet. Etwa 2/3 der geernteten Saatkörner werden zu Speiseöl verarbeitet, wobei das entstehende Nebenprodukt (Presskuchen) als Viehfutter genutzt wird; der entstehende Mist dient wieder zur Düngung der Felder. Nach dem Entkörnen wird die Baumwollfaser zu Ballen gepresst und mit dem Zug nach Abidjan (Elfenbeinküste) transportiert und dort verschifft.

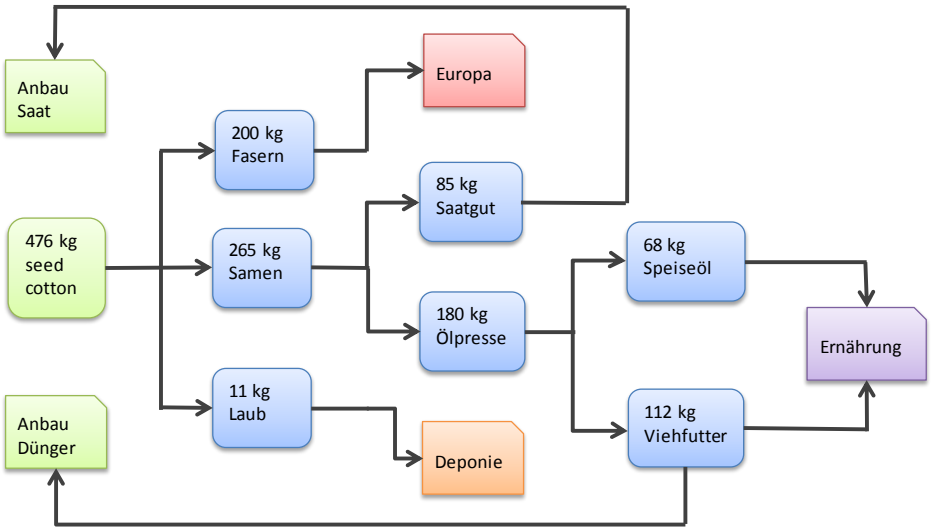

Abbildung 11: Stoffflüsse beim Baumwollanbau in Burkina Faso je Hektar Anbaufläche

Bilanzierung

Für den Anbau der Baumwolle werden in dem betrachteten Gebiet keine Maschinen oder Fremdprodukte eingesetzt. Lediglich die Arbeiten in der Saatgutstation zur Produktion von Motherseeds wären bilanztechnisch zu berücksichtigen. Auf der anderen Seite der Bilanz wäre zu verbuchen, dass etwa 380 kg Samen je Tonne seed-cotton in die Ölmühle gehen und als Nebenprodukt (Speiseöl) verkauft werden. Eine Aufteilung über den Preis wäre sicher unbefriedigend, da die Preise für Speiseöl in Burkina Faso (einem der ärmsten Länder Afrikas) und für Fasern, die nach Europa verkauft werden ungleich gewichtet sind. Als konservative Annahmen bleiben daher sowohl die Pro-

duktion der Motherseeds als auch das Nebenprodukt Speiseöl ohne bilanztechnischen Ansatz. Darüber hinaus werden für die hier vorgenommene Bilanzierung werden folgende grundsätzliche Annahmen getroffen:

- CO_2-Emissionen aus biogenem Kohlenstoff bleiben gemäß IPCC unberücksichtigt.
- Die Kohlenstoff-Fixierung, die im Ackerbau durch Humusbildung stattfindet, aber von überschaubarer Dauer ist, bleibt unberücksichtigt.
- Ebenfalls nach IPCC wird angenommen, dass 1 Prozent des zugeführten Dünge-Stickstoffs als N_2O (Lachgas) freigesetzt wird.

Da die Stickstoffgaben durch die Zufuhr der verfügbaren Düngemittel nicht zu quantifizieren waren, wird der Wert für die Lachgasemissionen durch den Baumwollanbau aus den USA herangezogen (Kägi/Nemecek 2007). Darüber hinaus sind für die Rohstoffgewinnung lediglich die LKW-Transporte zur Ginning-Anlage und der Schiffstransport nach Europa sowie das Ginnen selbst zu bilanzieren. Die Ginning-Anlage verbraucht Strom für die Sortierung und Diesel für die Trocknung.

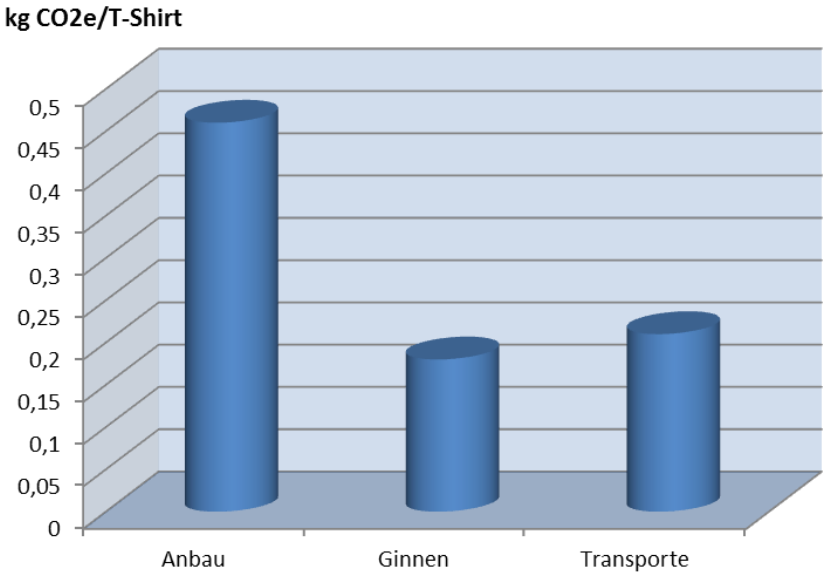

Abbildung 12: Emissionsmengen im Bereich Anbau und Entkernen einschließlich aller Transporte bis Europa

3.3
Verarbeitung der Baumwolle in Griechenland

Die Vielzahl der von Hess Natur angebotenen Produkte stammt von unterschiedlichen Lieferanten, die wiederum in verschiedenen Unternehmen arbeiten lassen. Beispielhaft wird hier ein Anbieter in Griechenland untersucht, der alle Verarbeitungsschritte in Unternehmen der näheren Region durchführen lässt.

3.3.1
Verspinnen der Baumwollfasern

Die Baumwoll-Ballen werden im Hafen von Saloniki gelöscht und mit LKW zur Spinnerei in das 90 km entfernte Naoussa gefahren.

Um aus den losen Fasern ein Garn der Feinheit Nm 50/1 zu produzieren, sind eine ganze Reihe von einzelnen Arbeitsschritten durchzuführen. Zunächst werden die Ballen maschinell geöffnet und die angelieferten Fasern werden einer Feinreinigung unterzogen, in der die letzten Kapselreste und sonstige Verunreinigungen entfernt werden.

Verschiedene Chargen von Fasern werden im Mischwerk zu einem einheitlichen Vorprodukt gemischt; die noch ungeordneten Fasern werden in der Karde (Kardierwerk) ausgerichtet und zu einem Strang (Kardenband) zusammengefasst. Mehrere Kardenbänder werden zur Erhöhung der Gleichmäßigkeit zusammengefasst, im Streckwerk verstreckt und zusätzlich gekämmt, um Kurzfasern auszusondern. Das daraus entstehende Streckband wird in einer Vorspinnmaschine (Flyer) zu einem Vorgarn (Lunte) versponnen, bevor es der eigentlichen Spinnmaschine zugeführt wird (s. Abbildung 13).

©hessnatur

Abbildung 13: Verarbeitung des Streckbandes und Spinnmaschine (rechts)

Durch die Feinreinigung, das Auskämmen usw. entstehen Abfälle im Umfang von 25%, die größtenteils verwertet werden; d.h. nur 75% der angelieferten Baumwollfasern finden sich im Produkt der Spinnerei (Garn) wieder.

Die Maschinen werden elektrisch betrieben: Emissionen entstehen vor allem durch die eigentliche Spinnmaschine. Der Betrieb erzeugt 10% des benötigten Stroms selbst.

Tabelle 8: Emissionen im Bereich des Fertigungsschritts „Spinnen"

	kg CO2e/T-Shirt
Transport	0,007
Ballengreifer	0,007
Ballenöffner	0,002
Reinigung	0,005
Mischen	0,010
Karde	0,133
Streckwerk	0,040
Vorspinnen	0,059
Spinnen	1,159
Träger	0,007
Abfall	0,010
Summe	**1,4**

3.3.2
Stricken des Baumwollgarns

Es gibt im Wesentlichen drei verschiedene Arten, Fasern zu Textilien zu verarbeiten: Das Vliesen (mit der Weiterverarbeitung Walken und Filzen) sowie für lange Garne das Weben und das Fügen bzw. Wirken (z.B. Stricken, Flechten, Klöppeln.). Während beim Weben die Bindung zu einem Flächengebilde durch die Verkreuzung der senkrecht zueinander stehenden Kett- und Schussfäden entsteht, werden beim Wirken ineinander hängende Schlaufen gebildet, so dass ein flexibleres Flächengebilde als beim Weben entsteht.

Der Stoff für das hier betrachtete T-Shirt ist ein Single Jersey und wird also gestrickt.

Das Garn wird von der Spinnerei etwa 150 km zur Strickerei transportiert; dort wird es in einer Rund-Strickmaschine zu einem schlauchförmigen Gestrick verarbeitet und auf Metallrollen gewickelt. Die Rollen werden wiederverwendet.

© hessnatur

Abbildung 14: Jersey-Rundstrickmaschine

Es entstehen nur geringe Abfälle (Garnausschuss) in Höhe von 3%.

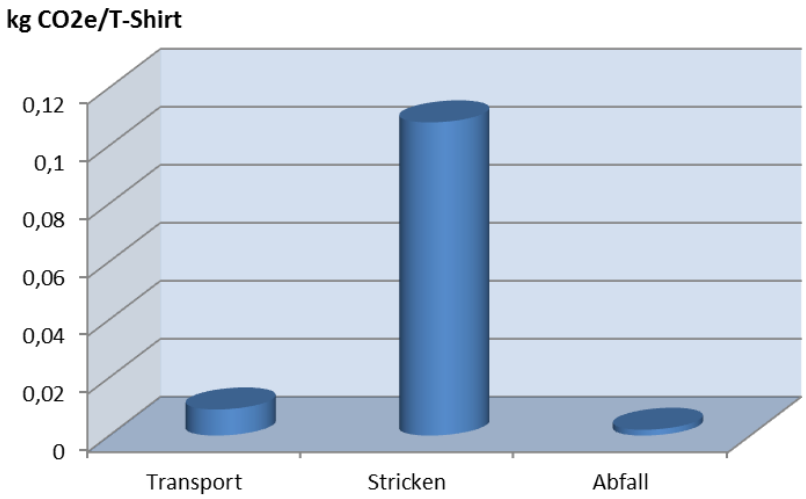

Abbildung 15: Anteile der Emissionen durch die Strickerei

3.3.3
Veredeln des Stoffes

Die Veredelung der Textilien ist der aufwendigste Teil der Herstellungsprozesse. Dies trifft auch für die Veredelung nach dem hessnatur-Standard zu, auch wenn im Vergleich mit der konventionellen Herstellung andere Stoffe eingesetzt werden, die z.T. auch andere Behandlungsverfahren erfordern[15].

Der Veredelungsbetrieb liegt ganz in der Nähe (15 km) der Strickerei. Hier wird die Strickware zunächst vorgewaschen und enzymatisch mit einem Biopolish behandelt; dadurch wird die Textiloberfläche geglättet und eine gleichmäßige Färbung des Textils sichergestellt.

Anschließend werden Stoffe, die weiß oder pastellfarben werden sollen, mit einem Bleichverfahren auf Sauerstoffbasis behandelt. Das hier betrachtete rote T-Shirt wird allerdings nur gefärbt mit hessnatur- bzw. GOTS-konformen Chemikalien z.B. Reaktivfarbstoffe in einem diskontinuierlichen Ausziehverfahren.

Schließlich folgen einige Ausrüstungs-Schritte, die die Griff- und Trageeigenschaften des Stoffes verbessern. Die veredelte Strickware wird anschließend im Spannrahmen (Tenter) getrocknet und erneut auf Ballen gewickelt. Bei der Veredelung entstehen Verluste in Höhe von 20% durch Einlaufen der Ware.

Tabelle 9: Emissionen bei der Veredelung des Stoffes

	kg CO2e/T-Shirt
Transport	0,001
Vorwäsche	0,93
Färben	1,83
Ausrüsten	0,38
Abfall	0,01
Abwasser	0,01
Summe	**3,2**

[15] Konventionell veredelte Baumwoll-Textilien können zum Beispiel chlorgebleicht sein oder optischen Aufheller enthalten. Ebenso können schwermetallhaltige Farbstoffen sowie möglicherweise bedenkliche weichmachende Substanzen eingesetzt werden. hessnatur schließt die Veredlung der Baumwolle mit diesen Chemikalien durch seine Qualitätsrichtlinie aus.

3.3.4
Konfektionieren des Stoffes

Der Konfektionsbetrieb liegt in Thessaloniki, ganz in der Nähe (25 km) der Veredelung. Hier wird die Strickware zugeschnitten, genäht und gebügelt. Die Schnittverluste sind für Herren und Damen unterschiedlich; im Fall des hier betrachteten Damen-T-Shirts betragen sie 30%.

So übersichtlich die Beschreibung der Arbeitsvorgänge ist, so schwierig gestaltet sich die Quantifizierung der Emissionen, weil in den einzelnen Stationen viele unterschiedliche Produkte gleichzeitig oder sukzessive verarbeitet werden, so dass eine Zuordnung zu einer speziellen Kleidungsstück nicht möglich ist. Die Bilanzierung beruht daher auf Annahmen, was angesichts des geringen Anteils der Konfektion an dem gesamten Herstellungsprozesses annehmbar erscheint.

3.4
Handel/Vertrieb

Vom Konfektionsbetrieb in Griechenland wird die Ware mit LKW nach Butzbach transportiert. Von dem zentralen Lager wird der größte Teil per Versandhandel an die Kunden ausgeliefert, die im Onlineshop oder per Katalog bestellt haben. Darüber hinaus werden die Waren in den Läden in Butzbach, Hamburg oder München angeboten.

Für die Bilanz werden daher zwei Szenarien betrachtet:

Versandhandel

Es wird davon ausgegangen, dass der Kunde per Onlineshop Ware mit dem Gesamtgewicht von 1,2 kg bestellt hat. Es wird weiterhin unterstellt, dass der Kunde einen Katalog erhalten möchte[16]. Das zu transportierende Paket hat somit ein Gesamtgewicht von 2,6 kg. Es wird angenommen, dass dieses Paket zunächst 350 km mit dem großen Transporter von DHL zum Regionallager gefahren und von dort mit einem Lieferfahrzeug zum Kunden gebracht wird. Es werden 20% Retouren berücksichtigt.

---

16 Die Zusendung des Katalogs ist nicht die Regel. Registrierten Kunden werden aber auf Wunsch alle Kataloge und Werbezuschriften (Sonderangebote, Rabattaktionen) gesondert zugeschickt. Die Annahme berücksichtigt diese warenunabhängigen Aufwendungen im Lauf eines Jahres.

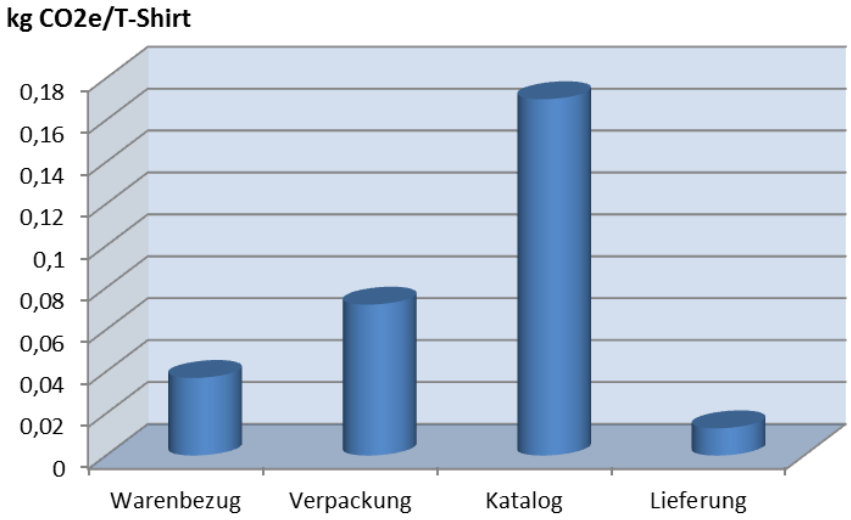

Abbildung 6: Emissionen durch den Vertrieb des T-Shirts vom Konfektionsbetrieb bis zum Kunden per Versandhandel

Ladenverkauf

Bei dem Verkauf über Läden werden in der Bilanzierung statt der Liefer-LKW die Einkaufsfahrten der Kunden berücksichtigt. In dem dazugehörigen Szenario wird angenommen, dass der Kunde etwa von Frankfurt ausschließlich für diesen Einkauf nach Butzbach fährt und dort in dem Laden 1,5 kg Ware kauft. Es wird ein Mittelklassewagen mit einem Verbrauch von 6 l Diesel je 100 km angenommen. Auch hier nimmt der Kunde einen Katalog mit; der Umtausch von früher gekaufter Ware wird nicht unterstellt.

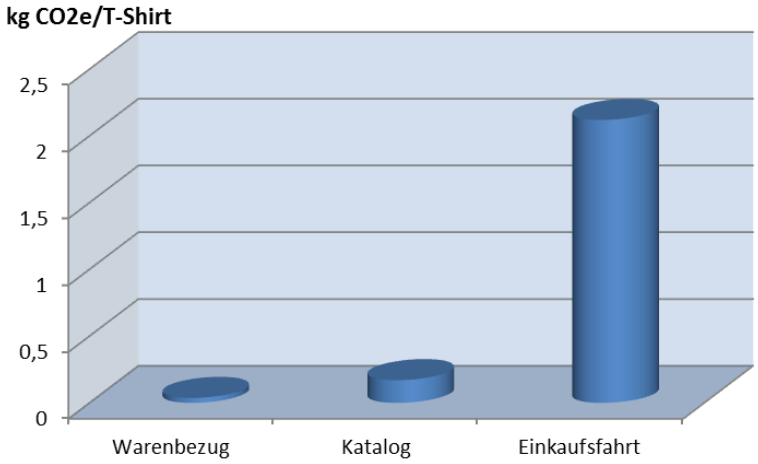

Abbildung 16: Emissionen durch den Vertrieb des T-Shirts vom Konfektionsbetrieb bis zum Kunden per Transport und Kunden-Einkaufsfahrt

3.5
Nutzung/Entsorgung

Ein Nutzungsszenario muss notwendigerweise spekulativ bleiben. Zu den Elemente Tragen, Waschen und schließlich Entsorgen können bei Textilien zwar keine vernünftigen Alternativen angenommen werden, jedoch können diese durchaus unterschiedlich gehandhabt werden.

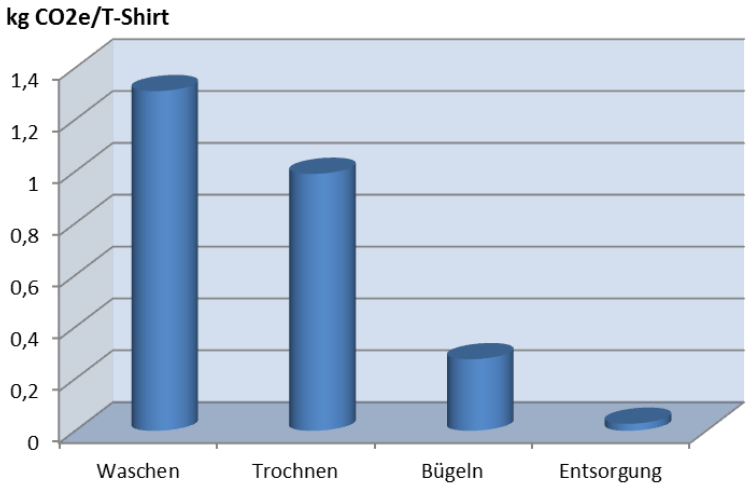

Abbildung 17: Emissionen bei Nutzung und Entsorgung mit Trocknereinsatz

Da durch die eigentliche Nutzung ("Tragen") und die zwischenzeitliche Lagerung keine klimaschädlichen Emissionen zu erwarten sind, ist die Wäsche der einzige relevante Faktor. Es wird angenommen, dass das T-Shirt im Verlauf seiner Nutzung 30mal gewaschen wird. Es wird angenommen, dass bei der Hälfte der Wäschen ein (Abluft-)Wäschetrockner benutzt wird.

Über den Entsorgungsweg kann ebenfalls spekuliert werde: Es kommen Kinderspiele, Putzlappen, Altkleidersammlung mit ganz unterschiedlichen Weiter- bzw. Wiederverwendungsarten oder industrielle Zellstoffverarbeitung in Frage. Gewählt wird die Verbrennung mit Hausmüll, da nur dafür Emissionsdaten vorliegen.

3.6
Übersicht der THG-Emissionen für T-Shirt aus Bio-Baumwolle

Um ein Damen-T-Shirt von 180 g Gewicht herzustellen, müssen 1,1 kg Rohbaumwolle (seed cotton) bzw. 0,45 kg Baumwollfasern hergestellt werden. Der Anbau fällt jedoch in der Bilanzierung der klimaschädlichen Gase kaum ins Gewicht, weil der kontrolliert biologische Anbau in Burkina Faso ohne Maschinen und ohne Chemie auf Regenfeldern durchgeführt wird. Die Darstellung der Anteile der einzelnen Sektoren zeigt, dass die Textil-Veredelung den größten Anteil an den klimarelevanten Emissionen aufweist. Die Gesamtemis-

sionen summieren sich zu knapp 9 kg CO_2e je T-Shirt (s. Tabelle 10). Rechnet man mit der beschriebenen Kunden-Einkaufsfahrt, die in diesem Fall ungünstiger ausfällt als bei Verkäufen in nahe gelegenen Läden, summieren sich die Emissionen auf knapp 11 kg CO_2e je T-Shirt.

Tabelle 10: Höhe der THG-Emissionen nach Sektoren

	kg CO2e/T-Shirt
Rohstoff	0,9
Spinnerei	1,4
Strickerei	0,1
Veredelung	3,2
Konfektion	0,4
Vertieb	0,3
Nutzung	2,6
Entsorgung	0,03
Summe	**8,9**

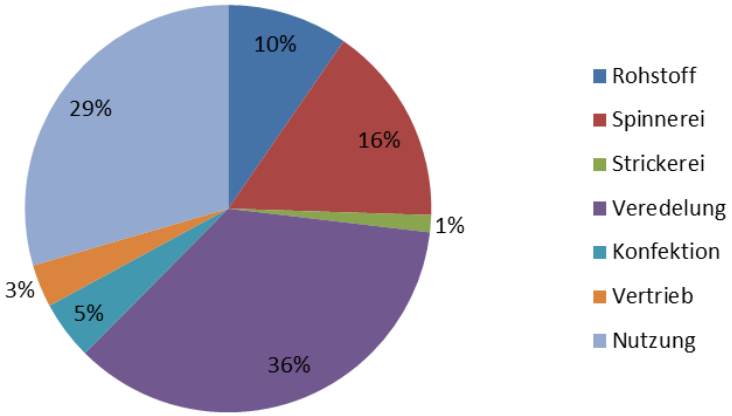

Abbildung 18: Anteile der einzelnen Sektoren an den Gesamt-Emissionen

Ein Großteil der Emissionen ist der Veredelung geschuldet; mit Ausnahme der Spinnerei und der Nutzungsphase spielen die anderen Bereiche eine untergeordnete Rolle. In allen Sektoren stammen die Emissionen aus dem Einsatz von Stoffen, aus dem Verbrauch von Strom und aus den Transporten.

Abbildung 19 zeigt, dass der Strom über 80% der Gesamtemissionen verursacht. Damit gewinnt die Frage der Stromproduktion entscheidende Bedeutung. Wenn die Produktion in Deutschland stattfinden würde, könnte ein günstigerer Wert für den nationalen Strommix angesetzt werden. Die Emissionen würden um etwa 2 kg CO_2e je T-Shirt sinken.

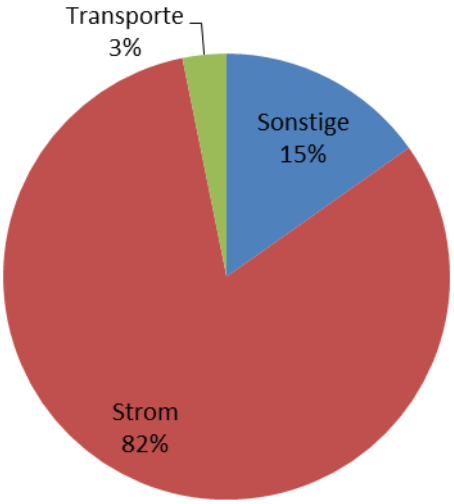

Abbildung 19: Anteile an den klimarelevanten Emissionen

3.7
Erfahrungen und Schlussfolgerungen

Erfahrungen bei der Informationsbeschaffung

Die Recherchen zu den Details der Produktion gestalteten sich angesichts der Vielzahl von Sektoren in unterschiedlichen Ländern nicht einfach. Die zahlreichen und von großer Sachkenntnis getragenen Informationen zum Baumwollanbau in Burkina Faso sind dem Engagement der privaten Schweizer Entwicklungsorganisation Helvetas zu verdanken, die dieses Entwicklungsprojekt betreut. Auf diese Weise konnte auch eine Reise nach Afrika bzw. der Rückgriff auf generische Daten vermieden werden, zumal eine schriftliche Befragung der Bauern dort nicht als erfolgversprechend angesehen werden konnte.

Andererseits ist die Textilproduktion – zumindest wenn sie den hessnatur- bzw. GOTS-Standards entspricht, nicht auf zahlreiche komplexe Nebenprodukte angewiesen, für die eine Quantifizierung der Emissionen größere Probleme erzeugen würden. Somit konnten dank der guten Beziehungen des Händlers zu den Lieferanten über 60% der Emissionen aufgrund von Primärdaten berechnet werden; für Herstellung und Vertrieb (ohne Nutzung) liegt der Wert bei 80%.

Emissionsdaten

Um den identifizierten Einsätzen von Stoffen und Energieträgern Emissionen zuordnen zu können, wurden in der Regel Daten aus der Datenbank ecoinvent 2.2 verwendet. Für den afrikanischen Strom mussten Ersatzannahmen getroffen werden.

Für den Bereich Transporte wurden Werte für LKW-, Schiffs- und Flugtransporte aus der Studie „Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik" (DLSV/IFEU/ Ökoinstitut) entnommen, die bessere Differenzierungen als ecoinvent 2.2 ermöglicht.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

(1) Durch die Bilanzierung der Treibhausgase wird für das Unternehmen deutlich, welche Bereiche für den Klimaschutz relevant sind: In der ökologischen Produktion ist die Veredelung der Stoffe der dominierenden Faktor, was durch den äußerst umweltschonenden Baumwollanbau besonders deutlich wird.

(2) Für die Kunden wird deutlich, dass der ökologische Anbau und Verarbeitung des Rohstoffs auch Vorteile in der CO_2-Bilanz bringen kann. Ein weiteres Mal zeigt sich, dass der Versandhandel große Vorteile gegenüber der eigenen Einkaufsfahrt bringt – zumindest in der CO_2-Bilanz.

(3) Für die Methode des PCF kann bezüglich der Textilproduktion festgestellt werden, dass einige Erkenntnisse produziert wurden, die für Hersteller und Nutzer von Bedeutung sind. Allerdings ist der Aufwand ziemlich hoch, solange nicht durch die Festlegung von Regeln, die auf Produktkategorien bzw. Produktgruppen zugeschnitten sind, Vereinfachungen vorgenommen werden.

(4) Im Bereich der Nutzung sind produktkategorie-bezogene Regeln ebenfalls erforderlich, insbesondere für die Nutzungsdauer, das Szenario der Einkaufsfahrt und hinsichtlich der Allokationsregeln.

(5) Die Ergebnisse von der Produktion und Vertrieb eines Produktes sollten stets getrennt von der Nutzungsphase geführt werden. Zum einen ist die Genese nicht vergleichbar (Primärdaten vs. Szenario), zum anderen werden unterschiedliche Adressaten angesprochen: Hersteller/Vertreiber und Verbraucher sollen ihre jeweils eigenen Schlüsse aus den Berechnungen ziehen können.

(6) Im Hinblick auf die Transporte bleibt die bekannte Kritik, dass hier nur ein Teil der Umweltauswirkungen erfasst werden und die Inanspruchnahme von Fläche und die Emissionen von z.B. kanzerogenen Stoffen oder Lärm unberücksichtigt bleiben.

4
Literatur und Quellen

BGK & BHE - Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V. und Bundesvereinigung Humus- und Erdenwirtschaft e. V. (2004). Informationsdienst Humuswirtschaft & KomPost 3/04 http://www.kompost.de/fileadmin/docs/HuK/ Gesamt3_04.pdf am 21.5.2012

Brita 2012: Nachhaltigkeitsbericht 2012 der Brita Gruppe. Taunusstein, März 2012

ecoinvent Centre (2010) ecoinvent data v2.2. ecoinvent reports No. 1-25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Schweiz

EPA 2012: Kompostierung. am 21.5.2012 http://epa.gov/climatechange/wycd/waste/downloads/Composting.pdf

ESU-services: Datenbank ecoinvent v2.2 (2010). Verwendet in der software Umberto for carbon footprint (IFI, Hamburg)

Finkbeiner; Matthias (2009): Carbon footprinting-opportunities and threats. In: Int J Life Cycle Assess 14 (2), S. 91-94. http://www.springerlink.com/content/5106170g43854187/fulltext.pdf, abgerufen am 04.06.2012.

Führ, Martin (Hrsg.) (2011): Praxishandbuch REACh. Carl Heymanns Verlag Köln

hessnatur (2013a): Sozialbericht für das Wirtschaftsjahr 10/2011 bis 9/2012. Butzbach, Mai 2013

hessnatur (2013b): Bericht zur Nachhaltigkeit. Butzbach, Juni 2013

Hottenroth, H.; Joa, B.; Schmidt, M. (2014): Carbon Footprints für Produkte – Handbuch für die betriebliche Praxis kleiner und mittlerer Unternehmen. MV-Wissenschaft, Münster

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11. Genf www.ipccnggip.inges.or.jp/public/2006gl/pdf_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf

Jungbluth Nils (2006): Vergleich der Umweltbelastungen von Hahnenwasser und Mineralwasser. Gas, Wasser, Abwasser 2006 (3):215-219

Jungbluth, N., Chudacoff, M., Dauriat, A., Dinkel, F., Doka G., Faist Emmenegger, M., Gnansounou, E., Kljun, N., Schleiss, K., Spielmann, M., Stettler, C., Sutter, J. (2007) Life Cycle Inventories of bioenergy.. ecoinvent report No. 17. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf

Kägi, T.; Nemecek, T. (2007): Life Cycle Inventories of U.S. Agricultural Production Systems. Final reportr ecoinvent 2007 No. 15b

Linzner, R.; Mostbauer, P.; Binner, E. und Smidt, E. (2005): Klimarelevanz der Kompostierung unter Berücksichtigung der Verfahrenstechnik und Kompostanwendung (KliKo). Endbericht im Auftrag der MA 48. Institut für Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien http://www.boku.ac.at/TCG/rol/KliKo_Endbericht.pdf am 21.5.2012

Mavrakis, Elisabeth (2011): Carbon footprint quantification of a tea agroecosystem. The development of a model on related material flows. VDM Verlag Saarbrücken

PCF Pilotprojekt Deutschland: Product Carbon Footprinting – Ein geeigneter Weg zu klimaverträglichen Produkten und deren Konsum? Erfahrungen, Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem Product Carbon Footprint Pilotprojekt Deutschland. Thema1 GmbH Berlin

Projektwerkstatt, Gesellschaft für kreative Ökonomie mbH in Potsdam: Alle Informationen zum Anbau und zu der weiteren Verarbeitung. Potsdam, 2010 und 2011

v. Römer, Bettina und Steffensen, Bernd (2013): Kundeninformation über den Product Carbon Footprint (PCF) von Alltagsprodukten. Ergebnisse der Diskussion in sechs Fokusgruppen in Damstadt und Bingen. sofia-Studien zur Institutionenanalyse Nr. 13-3, Darmstadt 2013

Schmied, Martin und Wolfgang Knörr (2011): Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik. Begriffe, Methoden, Beispiele. Studie des Ökoinstituts Berlin und des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg im Auftrag des Deutschen Speditions- und Logistikverbands (DSLV) und des Umweltbundesamts (UBA). Herausgeber: DSLV

Schmidt, Hans-Jürgen (2009): Carbon footprinting, labeling and life cycle assessment. In: *Int J Life Cycle Assessment,* 14 (S1), S. 6-9, DOI: 10.1007/s11367-009-0071-y; abgerufen am 04.06.2012.

SevenOne Media (2010): Organic Cotton Market Report 2007, Helvetas. SevenOne Media, TrendReport Grün; S. 19

Stiftung Warentest (2006) Wasserkocher: Viele schlechte Noten. http://www.test.de/Wasserkocher-Viele-schlechte-Noten-1401054-2401054/. 2013

Ströhle, Jürgen und Gerhard Schramek: Benninger ist gerüstet für den Carbon Footprint. Benninger AG, Uzwil, Schweiz 2010. http://www.benningergroup.com/uploads/tx_userdownloads/Carbon-Footprint-de.pdf zuletzt am 15.01.2013

Systain Consulting GmbH (2009) Forschungsprojekt FKZ 3707 95 304: Carbon Footprint von Textilien. Zusammenfassung der Resultate ‚Product Carbon Footprint Analyse von drei ausgewählten Textilien'.

United States Department of Agriculture: Cotton Supply and Distribution by Country 2010/2011. www.usda.gov. September 2011