



Sustainable Supply Chain Design – Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts auf Basis der Aktivitätsanalyse

Karina Ankenbrand, Eric Sucky

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Produktion und Logistik,
Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Feldkirchenstr. 21, 96052 Bamberg,
eric.sucky@uni-bamberg.de

1	Einleitung.....	56
2	Sustainable Supply Chain Design.....	57
3	Sustainable Supply Chain Design auf Basis der Aktivitätsanalyse.....	63
4	Aktivitätsanalytische Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts	69
5	Fazit	82
6	Literatur	84

Abstract:

Der vorliegende Beitrag fokussiert auf ein nachhaltiges Supply Chain Design. Mit einem zielgerichteten Supply Chain Design werden Erfolgspotenziale geschaffen sowie langfristige Rahmenbedingungen festgelegt. Die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Designs betrifft aus einer institutionellen Perspektive beispielsweise Entscheidungen über die in die Supply Chain zu integrierenden Supply Chain-Partner. Für die physische Ebene der Supply Chain ist die Struktur, die Dichte und die Leistungsfähigkeit des Netzwerks festzulegen. Von nachhaltigem Supply Chain Design kann gesprochen werden, wenn neben Erfolgszielen auch ökologische und soziale Ziele im Rahmen des Supply Chain Designs verfolgt werden. Auf Basis der Aktivitätsanalyse wird ein quantitatives Modell zur Darstellung und Lösung des Problems eines nachhaltigkeitsorientierten Supply Chain Designs entwickelt und am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts angewendet.

JEL Classification: Q50, Q51, Q53

Keywords: Nachhaltigkeit, Supply Chain Design, Aktivitätsanalyse.

Danksagung:

Wir bedanken uns bei Frau Elke Hortmeyer von der Bremer Baumwollbörse (<https://baumwollboerse.de/>) für ihre fachliche Unterstützung und Beratung.

Jeder, der glaubt, dass exponentielles Wachstum in einer endlichen Welt für immer weitergehen kann, ist entweder verrückt oder ein Wirtschaftswissenschaftler.

Kenneth Ewart Boulding, 1910–1993, amerikanischer Wirtschaftswissenschaftler

Handle so, dass die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.

Hans Jonas, 1903–1993, deutsch-amerikanischer Philosoph

We are the first generation to feel the effect of climate change and the last generation who can do something about it.

Barack Hussein Obama II, 1961, 44. Präsident der Vereinigten Staaten

1 Einleitung

Wird dem ökologischen Imperativ von Jonas (1979) gefolgt, so muss der Mensch sein Handeln so lenken, dass die Lebensgrundlage zukünftiger Generationen nicht beschädigt wird, d. h. er muss nachhaltig handeln. Klimaschutzbemühungen der Politik, Ressourcenknappheit, Umweltverschmutzung – inzwischen ist das Thema Nachhaltigkeit allgegenwärtig. Auch Unternehmen können das Thema Nachhaltigkeit nicht (mehr) ignorieren. Hierbei sind die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit zu beachten: Ökonomie, Ökologie und Soziales. Entsprechend sind Nachhaltigkeitsziele in Unternehmen abzuleiten und umzusetzen, d. h. neben dem Erreichen ökonomischen Erfolgs auch die Verringerung ökologischer Belastung und z. B. die Sicherung von sozialverträglichen Arbeitsbedingungen (Arretz, 2011).

Durch die Konzentration auf Kernkompetenzen und die Verringerung der Fertigungstiefe (arbeitsteilige Wirtschaft), durch den Wettbewerb in globalen Märkten sowie aufgrund kurzer Produkteinführungszeiten, kurzen Produktlebenszyklen und hohen, individualisierten Kundenerwartungen sind komplexe, weltweit vernetzte Supply Chains entstanden, d. h. produkt- oder produktgruppenbezogene, unternehmensübergreifende Wertschöpfungssysteme (Sucky, 2022). Nachhaltiges Handeln hört somit nicht an Unternehmensgrenzen auf, sondern betrifft die gesamte Supply Chain, von den Rohstofflieferanten, über die Zulieferer, den Produzenten bis hin zum Handel und den Endkunden. Dies spiegelt sich nicht nur in den Kundenerwartungen oder den Forderungen von Nichtregierungsorganisationen (NGO) wider, auch das kürzlich verabschiedete Gesetz über die unternehmerischen Sorgfaltspflichten zur Vermeidung von Menschenrechtsverletzungen in Lieferketten (Lieferkettengesetz) macht dies deutlich. Danach müssen ab 2023 Verstöße gegen Menschen- und Umweltrechte in Supply Chains, von der Rohstoffgewinnung bis zur Lieferung an Endkunden, vermieden werden.¹⁵

¹⁵ <https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/lieferkettengesetz>, <https://www.csr-in-deutschland.de/DE/Wirtschaft-Menschenrechte/Gesetz-ueber-die-unternehmerischen-Sorgfaltspflichten-in-Lieferketten/gesetz-ueber-die-unternehmerischen-sorgfaltspflichten-in-lieferketten.html>.

Der vorliegende Beitrag fokussiert auf das Nachhaltige Supply Chain Design. Mit einem zielgerichteten Supply Chain Design – oder Network Design, Network Configuration bzw. Supply Chain Configuration – werden Erfolgspotenziale geschaffen sowie langfristige Rahmenbedingungen festgelegt, d. h. es werden langfristig bindende und nur begrenzt reversible Entscheidungen. Die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Designs betrifft beispielsweise Entscheidungen über die in die Supply Chain zu integrierenden Partner oder Entscheidungen über Anzahl und Lokalisierung der Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse (Sucky, 2022). Von Nachhaltigem Supply Chain Design kann gesprochen werden, wenn neben Erfolgszielen auch ökologische und soziale Ziele im Design von Supply Chain verfolgt werden: „[...] while taking goals from all three dimensions of sustainable development, i.e., economic, environmental and social, into account which are derived from customer and stakeholder requirements“ (Seuring/Müller, 2008, S. 1700).

In diesem Beitrag wird ein quantitatives Modell zur Darstellung und Lösung des Problems eines nachhaltigkeitsorientierten Supply Chain Designs entwickelt und am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts angewendet. Analog zur Standortwahl oder der Lieferantenauswahl wird ein zweistufiger Entscheidungsprozess zugrunde gelegt. Das entwickelte Modell zur Unterstützung eines nachhaltigen Supply Chain Designs (Sustainable Supply Chain Design, SSCD) betrifft die Makroebene. Insbesondere kann damit bestimmt werden, in welchen Ländern bzw. Regionen die notwendigen Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse ausgewählt werden sollen. Auf dieser Makroebene können qualitative Kriterien, insbesondere bezüglich sozialer Zielsetzungen, berücksichtigt werden. Die konkrete Standort- und/oder Lieferantenauswahl auf der Mikroebene erfolgt vor allem auf Basis quantitativer Zielgrößen. Der vorliegende Beitrag geht folgenden Forschungsfragen nach:

- *Wie können Nachhaltiges Supply Chain Management und Nachhaltiges Supply Chain Design definiert werden?*
- *Wie kann die Aktivitätsanalyse für ein Nachhaltiges Supply Chain Design genutzt werden?*
- *Wie können alternative Supply Chains unter Nachhaltigkeitsaspekten modelliert und bewertet werden?*

2 Sustainable Supply Chain Design

2.1 Der Begriff der Nachhaltigkeit

In seinem Werk „Sylvicultura oeconomica“ legte Hans Carl von Carlowitz, Oberberghauptmann am kursächsischen Hof in Freiberg, bereits vor über 300 Jahren das Nachhaltigkeitsprinzip dar (Carlowitz, 1713). Im frühen 18. Jahrhundert war der Silberbergbau im Erzgebirge aufgrund von Holzknappheit in seiner Existenz bedroht. Für den Bergbau war Holz unverzichtbar. Da es nicht über Flüsse herangeschafft werden konnte, wurden die regionalen Waldbestände genutzt, sodass die Region

weitgehend kahlgeschlagen war. Daher formulierte Hans Carl von Carlowitz für die Forstwirtschaft, dass nur so viel Holz geschlagen werden sollte, wie durch planmäßige Aufforstung nachwachsen konnte. Allgemeiner formuliert beschreibt das Prinzip der Nachhaltigkeit die Verantwortung für gegenwärtige und zukünftige Generationen. Bekannt wurde dieses Prinzip beispielsweise durch die Studie „Grenzen des Wachstums“, den Brundtland-Report, die Rio-Konferenz 1992 oder den Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg 2002.

Aus dem Brundtland-Report geht die Definition der nachhaltigen Entwicklung hervor: „Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within two key concepts: the concept of ‚needs‘, in particular the essential needs of the world’s poor, to which overriding priority should be given; and the idea of limitations imposed by the state of technology and social organization on the environment’s ability to meet present and future needs“ (WCED, 1987, S. 37). Es werden somit zwei Aspekte fokussiert: Die intergenerative Gerechtigkeit und die intragenerative Gerechtigkeit (Batz, 2021). Erstere bedeutet, dass die Nutzung knapper Ressourcen auch für zukünftige Generationen sichergestellt werden soll (Gogoll/Wenke, 2017). Intragenerative Gerechtigkeit hingegen beinhaltet eine faire Verteilung von Lebenschancen und Ressourcennutzung innerhalb der lebenden Generation sowie einen fairen Ausgleich zwischen den Industrie- und Entwicklungsländern. Die hierbei zu betrachtenden Ressourcen besitzen nicht nur eine ökonomische, sondern auch eine ökologische und weitergehend auch eine soziale Komponente. Im sogenannten Triple-Bottom-Line Konzept wird dies aufgegriffen (Elkington, 1998).¹⁶



Abbildung 1: Triple-Bottom-Line Konzept

¹⁶ Durch das Triple-Bottom-Line Konzept wird der ehemals auf fünf Säulen beruhende Ansatz der Rio-Konferenz von 1992 signifikant beschnitten. Der originäre Nachhaltigkeitsbegriff stützte sich auf eine ökologische, ökonomische, soziale, kulturelle und ethnische Entwicklung (Flämig, 2015).

Uneinigkeit herrscht darüber, ob diese Komponenten untereinander substituierbar sind oder nicht (Döring/Ott, 2001). Wird davon ausgegangen, dass dies der Fall ist, liegt eine schwache Nachhaltigkeit vor. Der Ansatz einer starken Nachhaltigkeit schließt eine Substitution zwischen den drei Bereichen aus. Hier nimmt die Ökologie eine Sonderrolle ein und wird über die anderen Nachhaltigkeitsdimensionen gestellt. Daher stellt sich die Frage nach der Gleichrangigkeit in dem Drei-Säulen-Modell (Ökologie – Ökonomie – Soziales) und den damit verbundenen Messproblemen und Zielkonflikten. Werden die drei Sektoren konsequent als gleichrangig betrachtet, müsste beispielsweise eine Maßnahme zur Reduktion der Schadstoffemissionen (Ökologie) nicht nur mit den damit verbundenen Kosten (Ökonomie) bewertet werden, sondern auch unter dem Aspekt, ob mit dem entsprechenden Aufwand bei z. B. der Bekämpfung von Kinderarbeit (Soziales) ein höherer sozialer Nutzen erzielt werden könnte (Bretzke, 2014). Ein anschauliches Beispiel bietet die Baumwollproduktion im Gebiet des Aralsees. Im Rahmen der Intensivierung der Bewässerungslandwirtschaft, insbesondere des Baumwollanbaus seit den 1960er Jahren, wurde das Bewässerungsnetz so stark ausgebaut und den Flüssen Amudarya und Syrdarya immer mehr Wasser entnommen, dass in Niedrigwasserjahren der Zufluss in den Aralsee völlig versiegt (Schlüter, 2003). Von dem einst riesigen Aralsee (69.000 Quadratkilometer), sind heute nur noch Schautafeln übrig, die sein Austrocknen dokumentieren: 90 % des Sees sind verschwunden.¹⁷

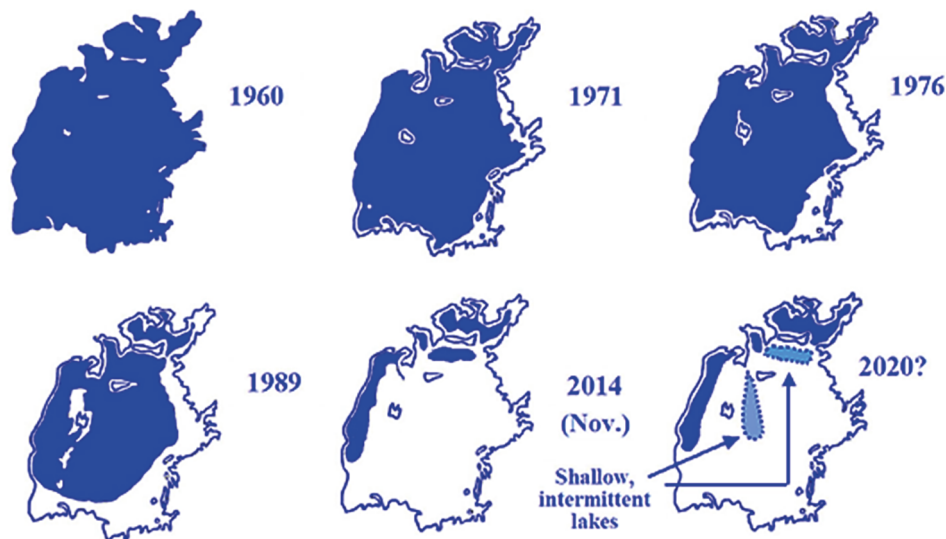


Abbildung 2: Profil des Aralsees von 1969 bis 2020 (Quelle: Micklin, 2016)

¹⁷ <https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/klima-aralsee-kasachstan-schleichender-tod-100.html>, <https://www.zdf.de/dokumentation/zdfzoom/zdfzoom-dreckige-ernte-100.html>.

Trotz dieser ökologischen Katastrophe erfolgt eine umfassende Wirtschaftsförderung der Baumwollindustrie in Usbekistan durch beispielsweise die GIZ. Neben einer ressourcenschonenden Baumwollproduktion steht vor allem die Verbesserung von Arbeitsbedingungen und eine Förderung der politischen Stabilität im Fokus.¹⁸

2.2 Der Begriff des nachhaltigen Supply Chain Managements

Supply Chains sind produkt- oder produktgruppenbezogene, unternehmensübergreifende Wertschöpfungssysteme. Die physische Ebene einer Supply Chain kann als Netzwerk modelliert werden. Knoten repräsentieren dann Standorte, an denen ortsgebundene, stationäre Wertschöpfungsprozesse realisierbar sind (Produktionsstandorte, Zentral- und Regionallager, Hubs, Cross-Docking-Punkte, Binnen- oder Seehäfen sowie Flughäfen, Handelsfilialen oder Kundenstandorte). Pfeile zwischen den Knoten zeigen an, dass auf diesen Relationen nicht-ortsgebundene, raumüberbrückende Wertschöpfungsprozesse (z. B. Transportprozesse) realisierbar sind (Sucky, 2018). Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft die physische Ebene einer 5-stufigen Supply Chain. Die Struktur einer Supply Chain ist somit durch die Zahl der Standorte je Stufe, die Anzahl der Verbindungen sowie die Orientierung der Verbindungen gekennzeichnet.

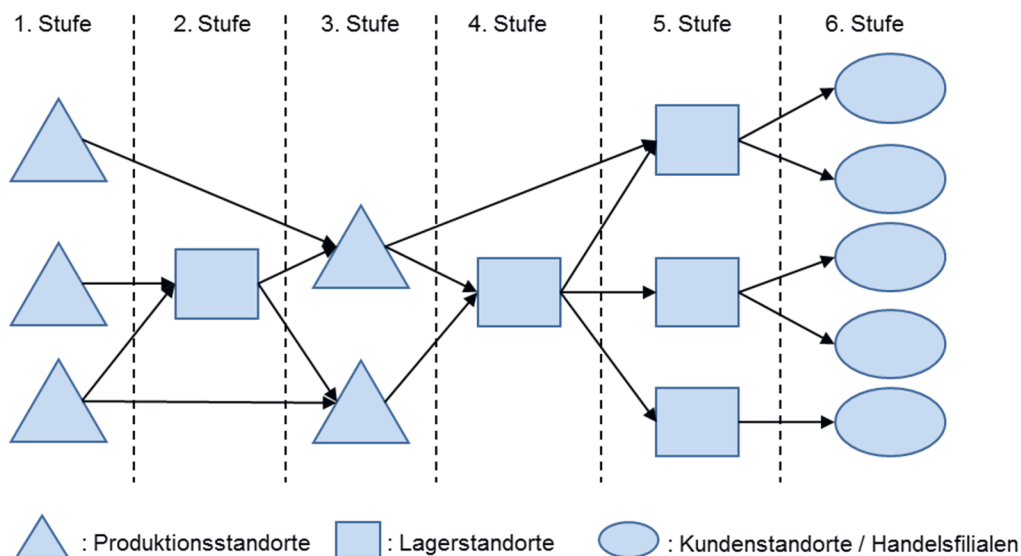


Abbildung 3: Physische Supply Chain-Ebene (in Anlehnung an Sucky/Hönscheidt 2008, S. 134)

Auf einer institutionellen Ebene können die Supply Chain-Akteure insbesondere drei übergeordneten Rollen zugeordnet werden: Industrie-, Logistik- und Handelsunternehmen (Kersten et al., 2018). Supply Chain-Akteure (Institutionen) sind für die Planung und den Betrieb mindestens eines Knotens oder einer Verbindung auf der physischen Supply Chain-Ebene verantwortlich. Der Endkunde bewertet jedoch nicht die

¹⁸ Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (www.giz.de), https://www.giz.de/de/downloads/giz2021_de_Factsheet_Baumwolle_Usbekistan.pdf.

Leistungen einzelner in einer Supply Chain agierender Unternehmen, sondern lediglich diejenige Leistung, die sich als Resultat aller in einer Supply Chain vollzogenen Wertschöpfungsprozesse ergibt. Daher ist eine zielgerichtete Planung, Steuerung, Koordination und Kontrolle der arbeitsteiligen Wertschöpfungsprozesse über Unternehmensgrenzen hinweg notwendig. Supply Chain Management kann somit als die zielgerichtete, an den Kundenbedürfnissen ausgerichtete, kooperative Planung, Steuerung und Kontrolle von produkt- oder produktgruppenbezogenen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken beschrieben werden (Sucky, 2022). Supply Chain Management-Ziele reichen von der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit einzelner Supply Chain-Akteure oder der gesamten Supply Chain (z. B. Kotzab, 2000; Asdecker, 2014; Stadtler, 2015), über Erhöhung des Endkundennutzens (z. B. Heusler, 2004; Corsten/Gössinger, 2008) und Kostensenkung (z. B. Hahn, 2000; Heusler, 2004; Kotzab, 2000) bis zur Realisierung von Zeit- oder Qualitätsvorteilen (z. B. Hahn, 2000; Heusler, 2004).

Das Konzept des Supply Chain Managements kann um den Aspekt der Nachhaltigkeit erweitert werden (Wittstruck/Teuteberg, 2010). In der relevanten Literatur findet sich eine Vielzahl von Definitionsansätzen für Nachhaltiges Supply Chain Management. Überblicke zu entsprechenden Definitionen finden sich beispielsweise bei Ahi/Searcy (2015) und Touboulic/Walker (2015). Wird jedoch beachtet, dass sich Supply Chain Management auf Managementaufgaben bezieht und Nachhaltigkeit (im besten Fall) das Ergebnis dieser Managementaufgaben ist, ergibt sich ein Nachhaltiges Supply Chain Management „[...] while taking goals from all three dimensions of sustainable development, i.e., economic, environmental and social, into account which are derived from customer and stakeholder requirements“ (Seuring/Müller, 2008, S. 1700). Wird die oben angeführte Definition von Sucky (2022) um Nachhaltigkeitsaspekte erweitert, folgt entsprechend: Nachhaltiges Supply Chain Management beschreibt die an den Kundenbedürfnissen ausgerichtete, kooperative Planung, Steuerung und Kontrolle von produkt- oder produktgruppenbezogenen, unternehmensübergreifenden Wertschöpfungsnetzwerken unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele.

Relevante Ansatzpunkte der Nachhaltigkeit finden sich insbesondere im strukturellen Supply Chain Design, d. h. der Zusammensetzung der Supply Chain und der räumlichen Verteilung der beteiligten Akteure, in den Transformationsprozessen zwischen und innerhalb der Akteure der Supply Chain sowie im Endprodukt der Supply Chain, d. h. der Produktgestalt und der Wahrnehmung von Produktverantwortung (Sommer, 2007). Nachhaltiges Supply Chain Design umfasst somit die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Managements unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit, d. h. unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele.

2.3 Quantitative Modelle für ein nachhaltiges Supply Chain Design

Die Aufgabe des Supply Chain Design besteht in der zielgerichteten Konfiguration der gesamten Supply Chain. Aus der institutionellen Perspektive sind Entscheidungen über die in die Supply Chain zu integrierenden Supply Chain-Partner sowie deren Wertschöpfungstiefe zu treffen. Auf der physischen Supply Chain-Ebene muss über die Anzahl und Lokalisierung von Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse entschieden werden, beispielsweise die Anzahl und Lage von Produktionsstätten, Lagern und Umschlagspunkten. Auch sind Transportrelationen zwischen den Ressourcenstandorten aus den potenziell möglichen Verbindungen auszuwählen. Die Gestaltungsaufgabe des Supply Chain Managements umfasst somit die Struktur- und Ressourcenkonfiguration der physischen Supply Chain-Ebene:

- Strukturkonfiguration: Entscheidungen über Anzahl und Lokalisierung der Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse sowie bezüglich potenzieller Verbindungen zwischen den Standorten.
- Ressourcenkonfiguration: Entscheidungen über bereitzustellende Produktions-, Lager-, Umschlag-, Kommissionier- und Transportkapazitäten sowie über einzusetzende Prozesstechnologien (Sucky, 2022).

Mit dem Supply Chain Design werden Erfolgspotenziale geschaffen sowie langfristige Rahmenbedingungen festgelegt, d. h. es werden langfristig bindende Entscheidungen getroffen, die nur begrenzt reversibel sind: „Companies can not be completely footloose, able to close plants [...] and open them elsewhere at little cost“ (De Meza/Van der Ploeg, 1987, S. 344). Unter Beachtung von Nachhaltigkeitszielen werden im Rahmen des Supply Chain Designs entsprechend Nachhaltigkeitspotenziale aufgebaut.

Der Einsatz von quantitativen Modellen zur Darstellung und Lösung von Problemen im Kontext des Nachhaltigen Supply Chain Managements ist in der relevanten Literatur bedeutsam (Krieger/Sackmann, 2018). So zeigen beispielsweise Brandenburg et al. (2014) und Seuring (2013) umfassende Literaturlauswertungen zum Einsatz von quantitativen Modellen im Nachhaltigen Supply Chain Management. Viel Aufmerksamkeit wird dabei insbesondere der ökologischen Dimension geschenkt (Krieger/Sackmann, 2018). In quantitativen Modellen für das Supply Chain Design wird vorwiegend auf eine Kostenminimierung fokussiert. In der Mehrzahl quantitativer Modelle des Supply Chain Designs im Kontext der Nachhaltigkeit werden daher CO₂-Emissionen als weiterer Kostenfaktor in der Zielfunktion eingefügt (Kabadurmus/Erdogan, 2020). Schreiber (2019) bietet einen Überblick zu Optimierungs- und Simulationsmodellen für ein nachhaltiges Supply Chain Design unter Beachtung ökonomischer und ökologischer Ziele. Während ökonomische und ökologische Größen (Kosten, Emissionen etc.) einfach integrierbar sind, können soziale Kriterien (z. B. Korruption, Kinderarbeit, faire Löhne) oftmals nur schwer quantifiziert und operationalisiert werden (Krieger/Sackmann, 2018). Barbosa-Povoa et al. (2018) verwenden

die Generierung von Arbeitsplätzen als soziales Kriterium in ihrem Optimierungsmodell. Hierbei ist jedoch kritisch anzumerken, dass beispielsweise durch die Errichtung einer Produktionsstätte einerseits vor Ort Arbeitsplätze geschaffen werden, andererseits es aber zu einem Ausstoß von Schadstoffen kommen kann, die die Umwelt und Gesundheit beeinträchtigen. Auch wenn geltendes lokales Recht befolgt wird, kann eine solche Aktivität als unfair, unethisch oder zumindest kritisch angesehen werden (Krieger/Sackmann, 2018). Ein Beispiel sind die kritischen Diskussionen rund um das Wassergeschäft von Nestlé (z. B. Kramper, 2017).

Eskandarpour et al. (2015) können lediglich 10 quantitative Modelle des Supply Chain Designs identifizieren, welche alle drei Aspekte der Nachhaltigkeit (Ökologie – Ökonomie – Soziales) integrieren. Barbosa-Povoa et al. (2018, S. 369) folgern für Sustainable Supply Chains (SSC) entsprechend: „Summarizing, it is possible to verify that mathematical models covering a holistic perspective on SSC are still missing in the literature. Moreover, the few attempts that some authors have made are limited views of the SSC, without a good environmental assessment and without incorporating social aspects, so that sustainability can be accomplished.“

3 Sustainable Supply Chain Design auf Basis der Aktivitätsanalyse

Im Weiteren wird auf Basis der Aktivitätsanalyse sowie der Beiträge von Thies et al. (2021, 2019a, 2019b, 2018a, 2018b, 2016) ein Ansatz zur Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chain Designs entwickelt. Zur Bewertung alternativer Supply Chain-Konfigurationen hinsichtlich der Nachhaltigkeitskriterien kann dann das Effizienzkriterium herangezogen werden. Entsprechend stellt Spengler (2021) in Anlehnung an Thies et al. (2021 und 2019a) fest, dass eine Verarbeitung und Auswertung von Informationen zur Nachhaltigkeitsbewertung bestehender Supply Chains und zur nachhaltigkeitsorientierten Gestaltung zukünftiger Supply Chains mittels einer aktivitätsanalytischen Modellierung sämtlicher Prozesse entlang der gesamten Supply Chain erfolgen kann. Darauf aufbauend ist es möglich, unter Nachhaltigkeitskriterien effektive und effiziente Supply Chain-Konfigurationen zu identifizieren.

Im vorliegenden Beitrag wird ein zweistufiger Entscheidungsprozess zugrunde gelegt. Das entwickelte Modell zur Unterstützung eines nachhaltigen Supply Chain Designs (Sustainable Supply Chain Design, SSCD) betrifft die Makroebene, d. h. es kann insbesondere entschieden werden, in welchen Ländern bzw. Regionen die notwendigen Ressourcen zur Durchführung stationärer Wertschöpfungsprozesse unter Beachtung von Nachhaltigkeitszielen ausgewählt werden sollen. Die konkrete Standort- und/oder Lieferantenauswahl in den ausgewählten Regionen/Ländern, d. h. auf der Mikroebene, kann auf Basis quantitativer Zielgrößen (z. B. Kosten) erfolgen.

3.1 Grundlagen der Aktivitätsanalyse

Die Produktionstheorie zielt primär darauf ab, reale Produktionsprozesse zu analysieren, um daraus allgemeine Gesetzmäßigkeiten in den Transformationsbeziehungen abzuleiten. Im Kern geht es um die Ermittlung der mengenmäßigen Beziehungen zwischen eingesetzten Produktionsfaktoren (Input) und den ausgebrachten Outputgütern (Output). Gegenstand der Produktionstheorie sind daher die Beziehungen zwischen Faktoreinsatz- und Ausbringungsmengen, die formal in Produktionsfunktionen bzw. Produktionsaktivitäten erfasst werden. Die Aktivitätsanalyse wurde von Koopmans (1951) konzipiert. Neuere Ansätze zur Formulierung der betriebswirtschaftlichen Produktionstheorie auf Basis der Aktivitätsanalyse finden sich u. a. bei Dyckhoff (2006) oder Fandel (2005). Koopmans (1951, S. 35–36) versteht unter einer Aktivität „[...] the combination of certain qualitatively defined commodities in fixed quantitative ratios as ‚inputs‘ to produce as ‚outputs‘ certain other commodities in fixed quantitative ratios to the inputs.“

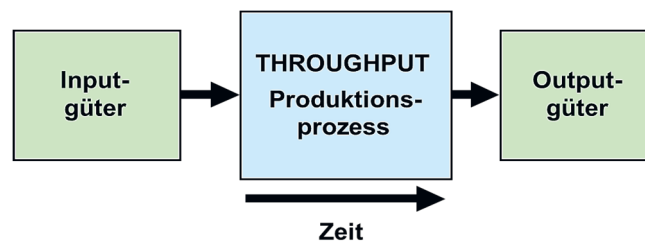


Abbildung 4: Produktionssystem als Input-Output-System

In der Aktivitätsanalyse werden offene Produktionssysteme (offene Input-Output-Systeme) betrachtet. Die Produktionsfaktoren (Einsatzgüter) sind der Input des Produktionsprozesses und die Produkte (Ausbringungsgüter) sind der Output des Produktionsprozesses. Eine Produktionsaktivität (oder Produktionspunkt, Produktionsmöglichkeit, Produktionsalternative) kann somit durch die Angabe der Quantitäten aller relevanten eingesetzten und ausgebrachten Güter des betrachteten Produktionsprozesses charakterisiert werden (Fandel et al., 2008). Produktionsaktivitäten werden in Theorie und Praxis in verschiedenen Arten dargestellt, wobei die Wahl der Formulierung der Zweckmäßigkeit zu genügen hat (Dyckhoff, 2006). In einer einfachen Formulierung kann jede Produktionsaktivität – jede Kombination aus Produktionsfaktoren (Input) und Outputgütern (Output) – als Gütervektor $v \in \mathbb{R}^K$ dargestellt werden (Fandel et al., 2008):

$$(1) \quad v = \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_K \end{pmatrix} = (v_1, \dots, v_K)^t.$$

Die Komponente v_k der Produktionsaktivität v gibt die Quantität des jeweiligen Gutes k (mit $k = 1, \dots, K$), gemessen in z. B. Mengeneinheiten [ME] an. Zur Differenzierung zwischen In- und Output werden Faktoreinsatzmengen mit einem negativen

Vorzeichen versehen, während Ausbringungsmengen ein positives Vorzeichen erhalten (Fandel et al., 2008):

- (2) Ist $v_k < 0$, dann werden $|v_k|$ [ME] von Input k für die Aktivität v benötigt,
- (3) Ist $v_k > 0$, dann werden $|v_k|$ [ME] von Output k durch die Aktivität v erzeugt.

Beispielsweise gibt $v = \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \\ -4 \end{pmatrix}$ an, dass 2 [ME] eines Outputgutes durch den Einsatz

von 3 [ME] eines Inputgutes sowie 4 [ME] eines weiteren Inputgutes erzeugt werden. Existieren mehrere Aktivitäten, stehen einem Unternehmen somit alternative Produktionsaktivitäten zur Verfügung,¹⁹ ist es sinnvoll, jene Aktivitäten zu betrachten, die bei einem gegebenen Faktoreinsatz einen möglichst hohen Produktoutput erzielen bzw. die Erstellung eines gegebenen Produktoutputs mit einem möglichst geringen Faktoreinsatz ermöglichen. Es werden die Produktionsaktivitäten bevorzugt, die den Output maximieren bei gegebenem Input oder den Input minimieren bei vorgegebenem Output. Es kann das Effizienzkriterium angewendet werden. Eine Produktionsalternative ist demnach effizient, wenn sie nicht dominiert wird. Das entsprechende Dominanzkriterium lautet:

$$\text{Eine Aktivität } v = \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_K \end{pmatrix} \text{ dominiert genau dann eine andere Aktivität } \hat{v} = \begin{pmatrix} \hat{v}_1 \\ \vdots \\ \hat{v}_K \end{pmatrix}$$

$$\text{, mit } v \neq \hat{v}, \text{ wenn gilt: } \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_K \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} \hat{v}_1 \\ \vdots \\ \hat{v}_K \end{pmatrix} \text{ und } v > \hat{v} \text{ für mindestens ein } k \in \{1, \dots, K\}$$

Dabei bedeutet $v > \hat{v}$ entweder eine größere End- oder Zwischenproduktmenge (Output) oder (wegen der Konvention eines negativen Vorzeichens für Inputgüter) eine kleinere Faktoreinsatzmenge (Fandel, 2005).

3.2 Umweltorientierte Aktivitätsanalyse

Um umweltorientierte Aspekte im Rahmen der Aktivitätsanalyse zu berücksichtigen, muss beachtet werden, dass die Umwelt als Ressourcenlieferant (direkt oder indirekt) hinter jedem Input steht und sie Abfälle und Emissionen (Output) absorbiert. Die in der folgenden Abbildung dargestellten Beziehungen zwischen ökologischen und ökonomischen Systemen sind daher bei der Formulierung von Produktionsaktivitäten zu berücksichtigen. Dies führt zu einer umweltorientierten Analyse der relevanten Input-

¹⁹ Die Technologie T bezeichnet die Menge aller Produktionsalternativen (Aktivitäten), die einem Unternehmen bekannt sind.

und Outputgüter (siehe z. B. Dyckhoff, 2013; Dinkelbach/Rosenberg, 2011; Houtman, 1998).

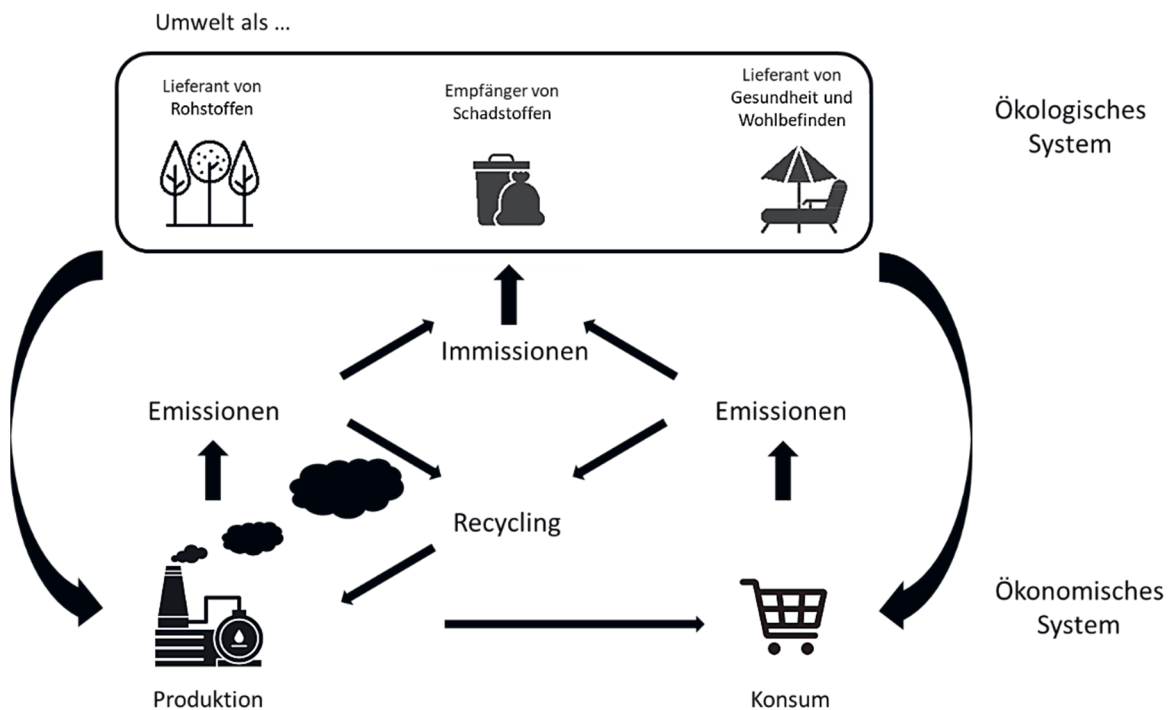


Abbildung 5: Beziehungen zwischen ökonomischem und ökologischem System

(Quelle: In Anlehnung an Krol, 1986, S. 379)

Als Input werden zunächst die Produktionsfaktoren betrachtet, welche in Verbrauchs- und Gebrauchsfaktoren klassifiziert werden können (Corsten/Gössinger, 2012). Erstere sind Betriebsstoffe (z. B. Schmiermittel), Hilfsstoffe (z. B. Schrauben), Rohstoffe (z. B. Holz) und Werkstoffe, wie z. B. Baugruppen und Fertigteile (Dyckhoff, 2006). Gebrauchsfaktoren hingegen werden durch materielle Potenzialfaktoren (Betriebsmittel wie z. B. Maschinen oder Werkzeuge), Arbeitsleistung (z. B. menschliche Arbeit) und immaterielle Faktoren (z. B. Rechte, Informationen oder Patente) dargestellt (Corsten/Gössinger, 2012). Neben den Produktionsfaktoren sind auch freie Umweltgüter als Input zu beachten, welche frei der Umwelt entnommen werden können. Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von Sauerstoff aus der Luft bei Verbrennungsprozessen.

Outputgüter können in Hauptprodukte, welche das Sachziel der Produktion darstellen, und Neben- bzw. Kuppelprodukte, klassifiziert werden (Dyckhoff/Spengler, 2010). Nebenprodukte sind Güter, welche bei Erzeugungs- oder Herstellungsprozessen zwangsläufig anfallen. Diese können in zwei Kategorien eingeteilt werden: erwünschte Nebenprodukte bzw. absatzfähige Nebenprodukte sowie unerwünschte Nebenprodukte bzw. nicht absatzfähige Nebenprodukte (Dyckhoff, 2006).

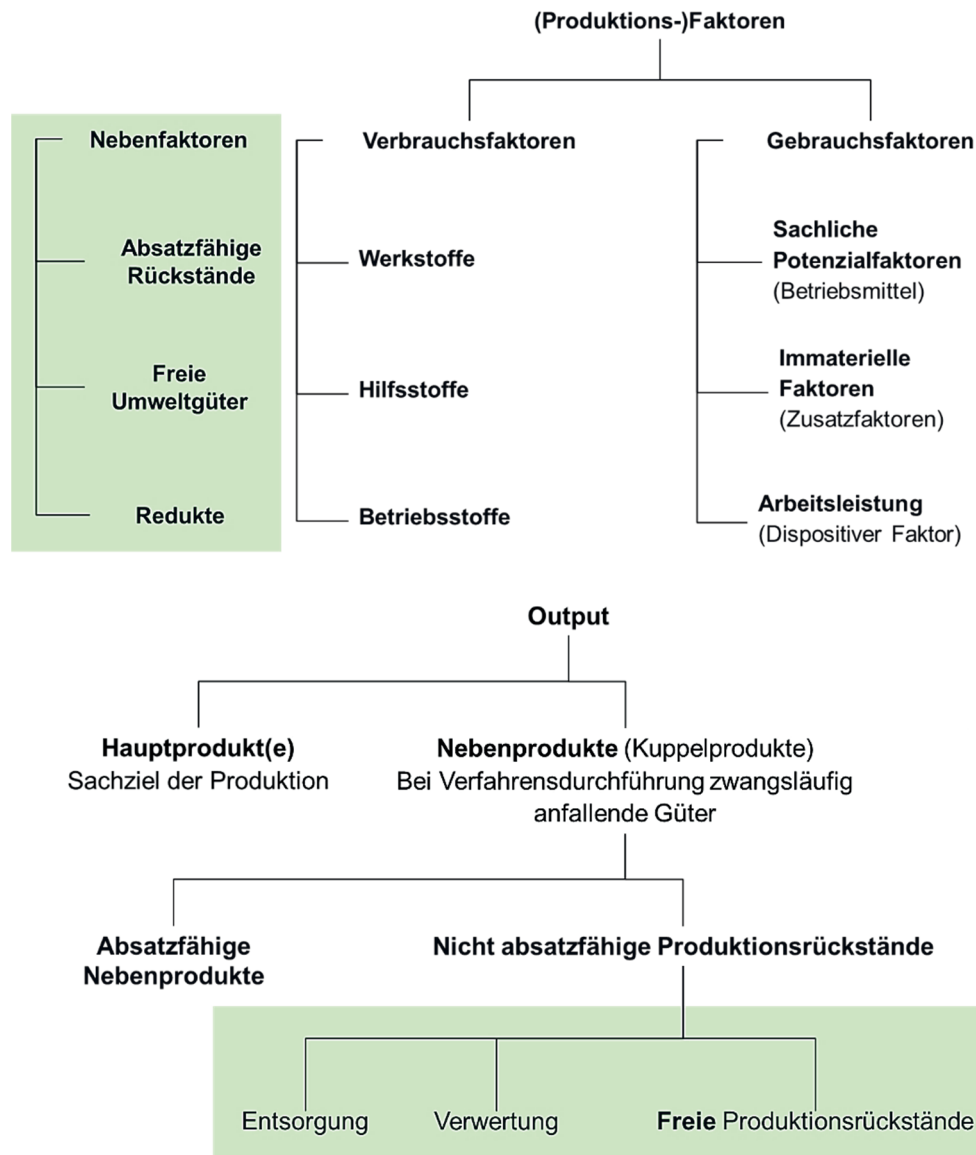


Abbildung 6: Relevante Input- und Outputgüter

Allgemein unterscheiden Dinkelbach/Rosenberg (2011) den Input (mit negativem Vorzeichen) in (Produktions-)Faktoren, nicht erwünschte Nebenfaktoren und nicht erwünschte Nebenprodukte sowie den Output (mit positivem Vorzeichen) in (Haupt-)Produkte, erwünschte Nebenfaktoren und erwünschte Nebenprodukte. Rückstände, Redukte und freie Umweltgüter können nun aktivitätsanalytisch berücksichtigt werden.

3.3 Aktivitätsanalyse der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit

Die soziale Bewertung von Aktivitäten kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Thies et al. (2021) verwenden beispielsweise die Social Hotspots Database (www.socialhotspot.org). Diese Methode zur Folgenabschätzung geht von diskreten Risikostufen aus, die auf der Grundlage der relativen Wahrscheinlichkeit des Eintre-

tens einer nachteiligen Situation quantifiziert werden können: Es ist fünfmal wahrscheinlicher, dass eine Aktivität mit „hohem Risiko“ eine negative Situation verursacht als eine Aktivität mit „mittlerem Risiko“, wenn die Aktivitätsvariable (z. B. Arbeitsstunden) dieselbe ist. Thies et al. (2021) multiplizieren daher die Arbeitsstunden (Input) einer Produktionsaktivität mit dem Faktor, der das standortbezogene Risiko relativ zum mittleren Risikoniveau quantifiziert. Für die in diesem Beitrag betrachteten Aktivitäten im Rahmen der Produktion von Baumwoll-T-Shirts wird einerseits der globale Rechtsindex des IGB (Internationaler Gewerkschaftsbund, www.ituc-csi.org) herangezogen. Andererseits wird ergänzend eine Bewertung auf Basis des Korruptionswahrnehmungsindex der NGO Transparency International durchgeführt (<https://www.transparency.de/>).

3.4 Aktivitätsanalytische Betrachtung von Supply Chains

In einer arbeitsteiligen Wirtschaft agieren Unternehmen in Supply Chains, in denen Güter von anderen Unternehmen als Input übernommen werden, welcher zu Output transformiert wird, der wiederum an andere Unternehmen weitergegeben wird.

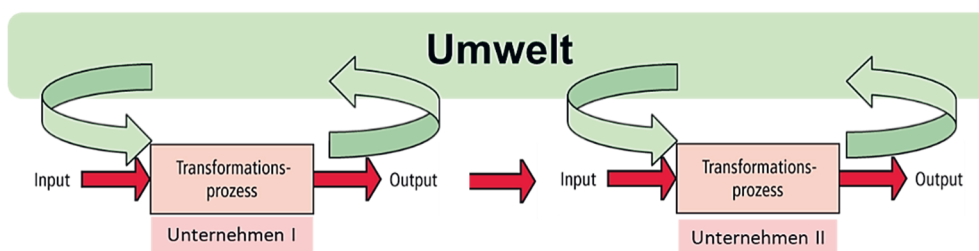


Abbildung 7: Unternehmensübergreifende Wertschöpfungsketten (oder -netzwerke)

Eine Supply Chain kann als ein Netzwerk einzelner Kunden-Lieferanten-Beziehungen abgebildet werden (Ankenbrand et al., 2019), wobei durch eine stufenbezogene Aggregation eine kettenartige Struktur erzeugt werden kann.

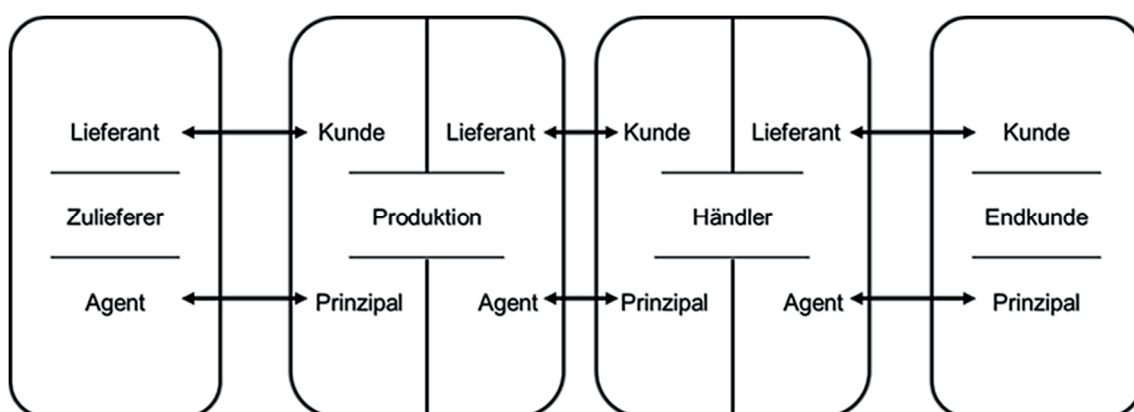


Abbildung 8: Supply Chain als Kette von Kunden-Lieferanten-Beziehungen
(Quelle: Ankenbrand et al., 2019, S. 126)

Eine aktivitätsanalytische Betrachtung von Supply Chains gelingt durch die additive Verknüpfung von standort- bzw. verbindungbezogenen Aktivitäten. Insbesondere

wird dadurch abgebildet, dass der Output einer Aktivität den Input einer folgenden Aktivität darstellen kann.²⁰

$$(4) \quad v + \dots + \hat{v} = \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_k \end{pmatrix} + \dots + \begin{pmatrix} \hat{v}_1 \\ \vdots \\ \hat{v}_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1 + \dots + \hat{v}_1 \\ \vdots \\ v_k + \dots + \hat{v}_k \end{pmatrix}$$

Im Weiteren wird durch den Index i ($i = 1, \dots, I$) die Supply Chain-Stufe genannt, auf der eine Produktionsaktivität stattfindet.

$$(5) \quad v^1 + v^2 + \dots + v^I = \begin{pmatrix} v_1^1 \\ \vdots \\ v_k^1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^2 \\ \vdots \\ v_k^2 \end{pmatrix} + \dots + \begin{pmatrix} v_1^I \\ \vdots \\ v_k^I \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1^1 + v_1^2 + \dots + v_1^I \\ \vdots \\ v_k^1 + v_k^2 + \dots + v_k^I \end{pmatrix}$$

Durch die Berücksichtigung umweltrelevanter In- und Outputs kann somit die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit in der aktivitätsanalytischen Modellierung und Bewertung von Supply Chain berücksichtigt werden.

4 Aktivitätsanalytische Modellierung und Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts

4.1 Prozesse entlang der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts

Eine Supply Chain kann als mehrstufiges System von Aktivitäten betrachtet werden. Am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts umfasst die Supply Chain grundsätzlich die Prozesse Rohstoffproduktion (Anbau, Ernte und Entkörnung der Baumwolle), Produktion von Garnen (Spinnerei), Produktion von Flächengeweben (Weberei), Veredelung (Färben/Bleichen), Konfektionierung (Schneiden, Nähen, Verpacken) sowie die Bereitstellung im Handel.²¹ In Abbildung 9 sind diese Basisprozesse für das Beispiel der Baumwoll-T-Shirts abgebildet. Der Gebrauch (Nutzung) und die Entsorgung von T-Shirts werden nicht weiter beachtet, da diese Prozesse (noch) nicht in den Verantwortungsbereich des die Supply Chain konfigurierenden Unternehmens fallen. Ausnahmen bilden so genannte Closed Loop Supply Chains, deren Design auch Verwertungs- und Recyclingprozesse umfasst: „Closed Loop Supply Chain Management (CLSCM) refers to all forward Logistics in the chain (like procurement of materials, production and distribution) as well as the Reverse Logistics to collect and process returned (used or unused) products and/or parts of products in order to ensure a socio-

²⁰ Thies et al. (2021) zeigen dies beispielsweise anhand der Supply Chain zur Erzeugung von Batterien für Elektrofahrzeuge.

²¹ <https://www.hi5.de/themen/top-themen/t-shirt-glossar/bestandteile/herstellung/> oder <https://www.trigema.de/magazin/weg-eines-t-shirts/>.

economically and ecologically sustainable recovery“ (Kumar/Kumar, 2013, S. 455). Eine entsprechende Supply Chain versucht z. B. das schwedische Textilhandelsunternehmen H&M aufzubauen.²²

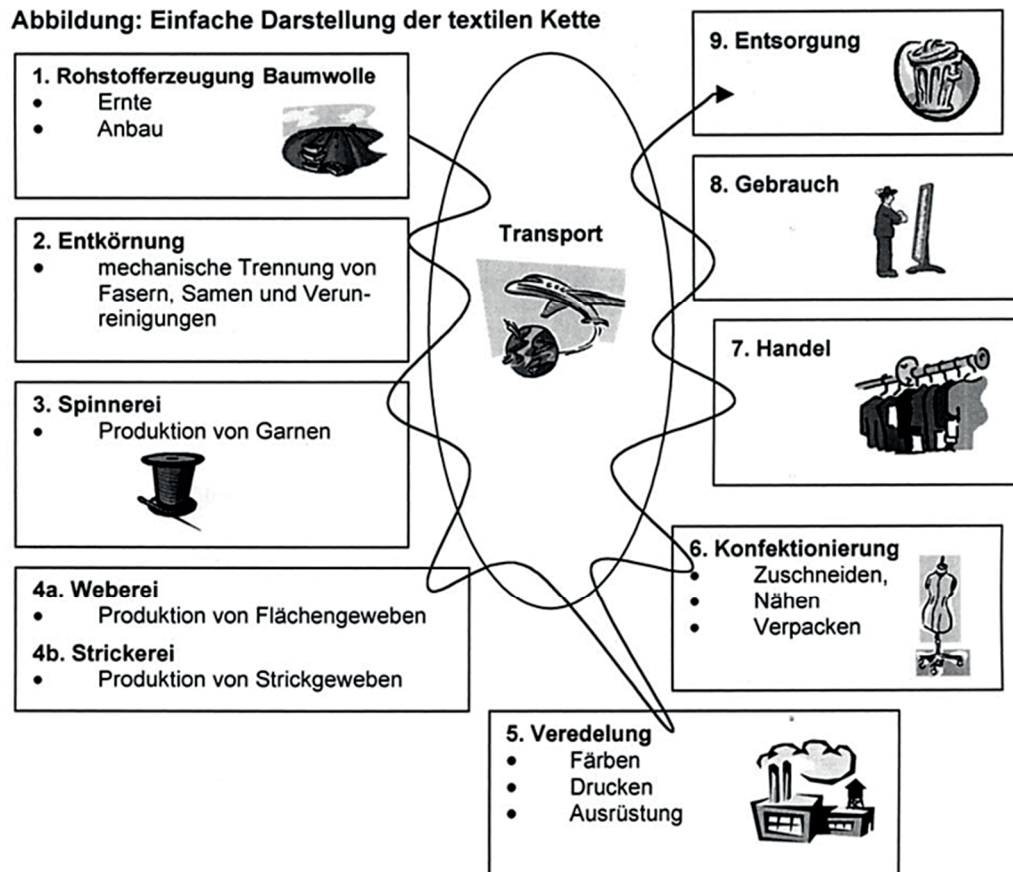


Abbildung 9: Supply Chain eines Baumwoll-T-Shirts (Quelle: Baier, o. J., S. 2)²³

(1) Rohstoffproduktion (Anbau, Ernte und Entkörnung der Baumwolle): Baumwolle stammt ursprünglich aus den warmen und feuchten Tropen, wird heute aber hauptsächlich in Trockengebieten angebaut. Grund ist, dass Regen ungünstig für die Pflanze ist, da sich die watteähnlichen Knospen mit Wasser vollsaugen und verfaulen (Umweltinstitut München, 2016). Nach der Ernte und dem Trocknungsprozess wird die Pflanze entkörnt. Hierbei werden die Fasern von ihren Samen getrennt. Danach werden große Ballen gepresst (Johannes, 2016).

(2) Spinnerei (Produktion von Garnen): Mit einer so genannten Kardierungsmaschine wird die Baumwolle gekämmt. Diese trennt die einzelnen Fasern voneinander und drückt sie danach zu Bändern zusammen. Anschließend werden diese Bänder gereinigt. Spinnmaschinen veredeln den Rohstoff Baumwolle zu einem Garnfaden.

²² https://www2.hm.com/de_de/nachhaltigkeit-bei-hm/our-work/close-the-loop.html.

²³ Viele hochwertige T-Shirts werden vor dem Weben gefärbt (garngefärbte T-Shirts), d. h. der Prozess Veredelung erfolgt zumindest teilweise vor dem Prozess Weben.

(3) **Weberei (Produktion von Flächengeweben):** In den Webereien wird das Garn zu Stoffbahnen weiterverarbeitet und ist somit für die anschließende Produktion von Textilien fertig aufbereitet (Johannes, 2016).

(4) **Veredelung (Färben/Bleichen):** Im nächsten Schritt werden die Baumwollstoffe z. B. mit Chlorverbindungen gebleicht, um ein reines Weiß und eine gleichmäßige Saugfähigkeit zu erhalten (Umweltinstitut München, 2016).

(5) **Konfektionierung (Schneiden, Nähen, Verpacken):** Der Stoff wird schließlich in einer Näherei mit Hilfe von Schnittschablonen zugeschnitten und vernäht. Ein durchschnittliches T-Shirt besteht aus vier Einzelteilen und acht Nähten. Das fertige T-Shirt wird mit Etiketten, dem Label des Herstellers und dem Preisschild versehen.

(6) **Bereitstellung im Handel:** Schließlich gelangt das T-Shirt in den Handel und wird zum Verkauf angeboten.

4.2 Umweltbezogene Inputgüter entlang der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts

(1) **Treibhausgase (insbesondere CO₂ und N₂O):** Treibhausgase sind diejenigen Gase in der Erdatmosphäre, die den sogenannten Treibhauseffekt erzeugen (Wagener, 2019). Treibhausgasemissionen in der Textilproduktion entstehen durch den Einsatz von Chemikalien, wie Düngemittel, Pestizide, Farbstoffe und weitere Textilhilfsmittel, aber auch durch die Verbrennung fossiler Energieträger bei Transport und Produktion (FEMNET, 2020). Gemäß einer Studie von McKinsey verantwortete im Jahr 2018 der globale Textilsektor 2,1 Mrd. Tonnen Treibhausgase. Vor allem in der Rohstoffproduktion entfällt der größte Anteil der Treibhausgasemissionen auf die Verwendung von N₂O, auch Lachgas genannt, welches als Düngemittel im konventionellen Baumwollanbau genutzt wird. Lachgas ist ein 30-mal stärkeres Treibhausgas als CO₂. Im Weiteren werden CO₂ und N₂O als CO₂-Äquivalente dargestellt. CO₂-Äquivalente oder CO₂e sind eine Maßeinheit, welche Treibhausgase vergleichbar macht, indem sie diese in die äquivalente Menge von CO₂ umrechnet (Planetly, o. J.). Somit werden beide klimarelevanten Gase in einer Einheit berücksichtigt.

(2) **Wasserverbrauch und -verschmutzung:** Die Produktion von Baumwolle gilt als sehr wasserintensiv. Die Angaben für den Wasserbedarf zur Erzeugung von einem Kilo Baumwolle werden entsprechend mit 3.000 bis 7.000 Litern (FEMNET, 2020) oder gar mit 10.000 bis 29.000 Litern angegeben.²⁴ Des Weiteren wird angegeben, dass meist künstliche Bewässerungsmethoden eingesetzt werden, wobei etwa nur ein Drittel tatsächlich die Felder erreicht (VERBRAUCHER INITIATIVE, o. J.). Der größere Rest verdunstet auf dem Weg oder versickert durch marode Bewässerungs-

²⁴ <http://www.oeko-fair.de/index.php/cat/798/title/Wasserverbrauch>.

kanäle (WWF, 2020). Viele Textilfabriken leiten Abwasser ungefiltert in die Abflüsse, obwohl jeden Tag ca. 2.500 Kilogramm Chemikalien in der Produktion eingesetzt werden. Eine Folge davon ist die Verschmutzung des Grundwassers. Die Reinigung des belasteten Wassers ist kaum möglich (Reichert, 2019).

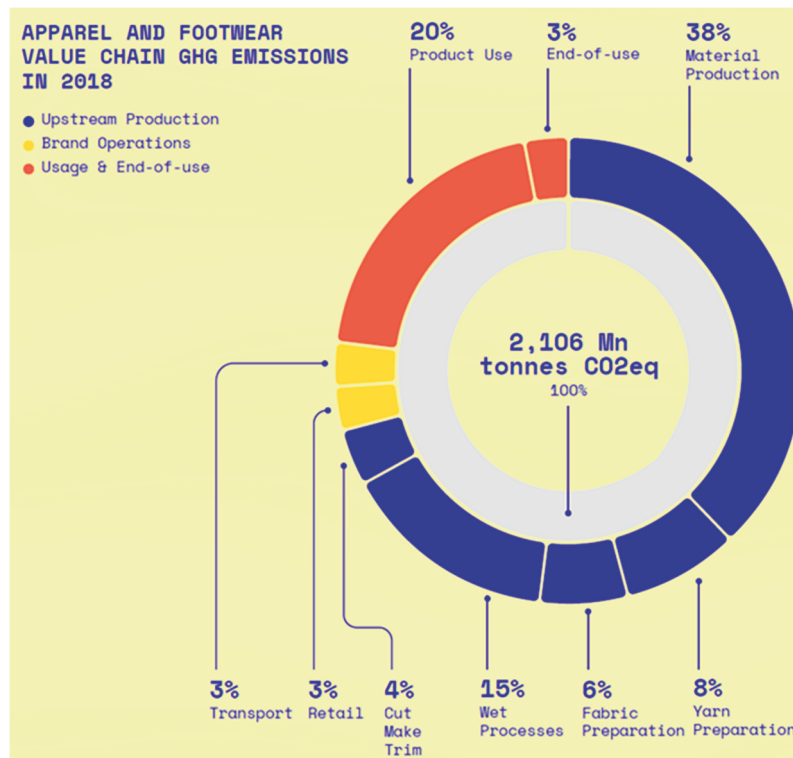


Abbildung 10: Treibhausgas-Emissionen und Textilsektor (Quelle: McKinsey, 2020)

Um sowohl den Wasserverbrauch als auch die Wasserverschmutzung adäquat abzubilden, sind jedoch zwei Aspekte zu beachten. Zunächst ist zwischen grünem, blauem und grauem Wasser zu unterscheiden, d. h. die verschiedenen Arten, den Wasserbedarf zu erfassen, sind zu beachten (Brameier, 2019):

- Grünes Wasser ist die Menge an Wasser, die im Boden gespeichert ist oder durch Niederschlag anfällt.
- Blaues Wasser ist die zur künstlichen Bewässerung verwendete Menge an Wasser, die aus Oberflächengewässern (Bächen, Flüssen, Seen etc.) oder dem Grundwasser entnommen wird.
- Graues Wasser bezeichnet Abwasser, d. h. die Menge an Wasser, die während der Produktion so stark verunreinigt wird, dass sie als unbrauchbar gilt oder die im Prinzip dazu nötig wäre, um das verschmutzte Wasser (z. B. durch Chemikalien, Pestizide etc.) ausreichend zu verdünnen.

Relevant für die weitere Betrachtung sind daher nur blaues Wasser und graues Wasser. Weitergehend ist zu berücksichtigen, dass in den letzten Jahrzehnten die weltweiten Erträge bei der Baumwollproduktion deutlich von durchschnittlich 600 auf

750 kg pro Hektar zugenommen haben, ohne dabei den Wasserbedarf zu erhöhen.²⁵ Es sind daher aktuelle Daten zu verwenden. Die oben genannten, völlig überhöhten Daten können auf eine Veröffentlichung des World Wildlife Fund (WWF) aus dem Jahr 1999 zurückgeführt werden (WWF, 2000), einem Jahr, in dem die Baumwollerträge durch Insektenbefall bei unter 100 kg pro Hektar lagen (Bremer Baumwollbörse, 2021). Eine kritische Diskussion der insbesondere im Internet kursierenden überhöhten Daten zum Wasserverbrauch bei der Baumwollproduktion findet sich bei Transformers Foundation (2021). Das International Cotton Advisory Committee gibt aktuell den durchschnittlichen Wasserverbrauch mit 1.931 Litern blaues Wasser je kg Baumwolle an (ICAC, 2021), d. h. einen deutlich niedrigeren Wert als oftmals propagiert.

4.3 Soziale Aspekte entlang der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts

Das größte Hindernis für faire Wettbewerbsbedingungen auf dem globalen Markt ist Korruption. In der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts umfasst Korruption unter anderem die Anpassungen und Fälschungen bei Audits, gefälschte Dokumente, illegale Unterauftragsvergaben, Showfabriken, Consultants zur „reibunglosen“ Abwicklung von externen Audits und manipulierte Qualitätsprüfungen (Dürr, 2021). Korruption gefährdet aber auch Menschenleben. Ein einschneidendes Ereignis stellte 2013 der Einsturz der Textilfabrik Rana Plaza in Bangladesch dar, bei dem 1.100 Arbeiterinnen und Arbeiter ums Leben kamen und über 2.400 verletzt wurden (Fehr, 2015). Drei von acht Etagen wurden illegal errichtet, zudem fehlten Feuer- und Sicherheitsmaßnahmen im Gebäude, was aus Bestechungen der Prüfbehörde resultierte (Publiceye, o. J.).

Es wird daher eine Bewertung auf Basis des Korruptionswahrnehmungsindex durchgeführt. Die NGO Transparency International erstellt den Korruptionswahrnehmungsindex – Corruption Perceptions Index (CPI) – welcher 180 Länder nach dem Grad der in der Politik und Verwaltung wahrgenommenen Korruption bewertet (Transparency International, 2021).²⁶ Hier reichen die Werte von Null (sehr hohe Korruption) bis 100 (keine Korruption). In den betrachteten Supply Chains gehen die länderspezifischen Bewertungen daher als Output (Korruption) ein, der zu maximieren ist.

Kinder werden häufig für Arbeiten in der Baumwollproduktion eingesetzt. Meist pflücken sie die Baumwolle oder sammeln Schädlinge von den Pflanzen. Aber auch Zwangsarbeit ist ein Problem im Baumwollanbau (Ferenschild, 2015, VERBRAUCHER INITIATIVE, o. J.). Durch Bestechung von Behörden und Polizei zeigen

²⁵ <https://baumwollboerse.de/2021/05/11/wie-viel-wasser-braucht-baumwolle-wirklich/>.

²⁶ <https://www.transparency.org/en/cpi/2021>.

diese Kinder- oder Zwangsarbeit trotz Verbote nicht an (Ökoprojekt Mobilspiel e.V., o. J.).

In den Textilfabriken gehören Überstunden zum Alltag. Zehn Stunden pro Tag plus zwei bis vier unbezahlte Überstunden sind der Normalfall. Zudem stehen sieben Arbeitstage pro Woche auf dem Plan (Gschnell, 2017). Die Löhne für die Arbeiter liegen dabei unter dem Existenzminimum. Außerdem besitzen die meisten Arbeitnehmer keinen oder nur einen unvollständigen Arbeitsvertrag, in dem weder Verhandlungsbasis noch Rechte bestehen (Gschnell, 2017).

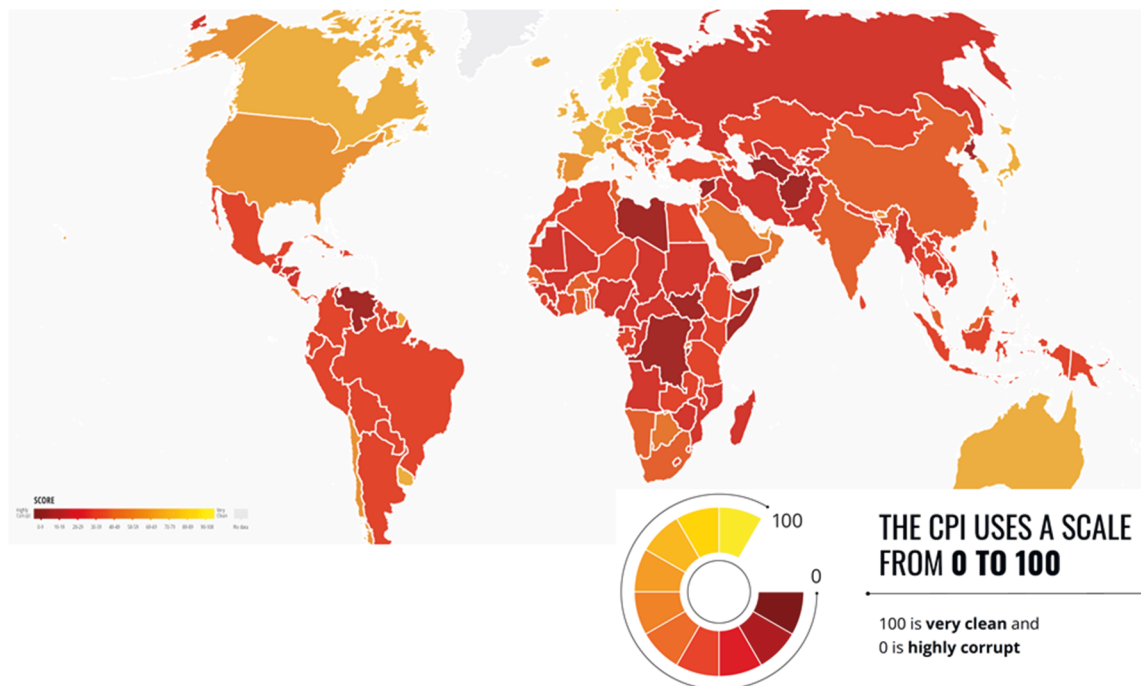


Abbildung 11: Der Corruption Perceptions Index (CPI)

(Quelle: <https://www.transparency.org/en/cpi/2021>)

Die Herstellung und Verarbeitung von Baumwolle kann die Arbeiter ihr Leben kosten. An den Folgen von Pestizid-Vergiftungen sterben jährlich nach Schätzung der Weltgesundheitsorganisation bis zu 10.000 Feldarbeiter im Baumwollanbau. Weit mehr Landarbeiter tragen schlimme gesundheitliche Schäden davon. Sie leiden an Erkrankungen der Atemwege, Haut, Augen und/oder Nerven. Außerdem haben sie ein erhöhtes Risiko, Krebs zu bekommen, unfruchtbar zu werden oder Kinder mit Missbildungen auf die Welt zu bringen. Nicht nur auf den Feldern, auch in den Produktionshallen herrschen negative Bedingungen (Gschnell, 2017). Hier besteht eine erhöhte Brandgefahr und Nottreppen sind häufig nicht vorhanden oder versperrt. Zudem ist ein nicht zu unterschätzendes Problem die Gewalt an Frauen, die am Arbeitsplatz sexuell belästigt, gedemütigt oder beschimpft werden.

Für das in diesem Beitrag zu betrachtende Beispiel der Supply Chains von Baumwoll-T-Shirts wird noch ein weiterer Ansatz berücksichtigt, der die Arbeitsbedingungen

fokussiert. Es wird der globale Rechtsindex des IGB (Internationaler Gewerkschaftsbund, www.ituc-csi.org) herangezogen. Der IGB dokumentiert Verletzungen international anerkannter kollektiver Arbeitnehmerrechte durch Regierungen und Unternehmen. Der Index bezieht sich auf grundlegende Rechtsnormen bei der Arbeit, vor allem auf das Recht auf Vereinigungsfreiheit, das Recht auf Tarifverhandlungen sowie das Streikrecht. Im globalen Rechtsindex des IGB werden die Länder in Kategorien von 1 bis 5+ bewertet, je nachdem, inwieweit sie kollektive Arbeitnehmerrechte respektieren. Es gibt 5 Ratings, wobei 1 das beste und 5+ das schlechteste Rating ist, das ein Land bekommen kann. Beispielsweise lässt es sich in Ländern mit dem Rating 5 am schlechtesten arbeiten, da die Beschäftigten hier keine Möglichkeiten haben, ihre Rechte wahrzunehmen, d. h. sie sind autokratischen Regimen und unlauteren Arbeitspraktiken ausgesetzt (IGB, 2021). In den betrachteten Supply Chains gehen die länderspezifischen Bewertungen als zu minimierender Input (Arbeitsbedingung) ein.

Die Ratings 2021

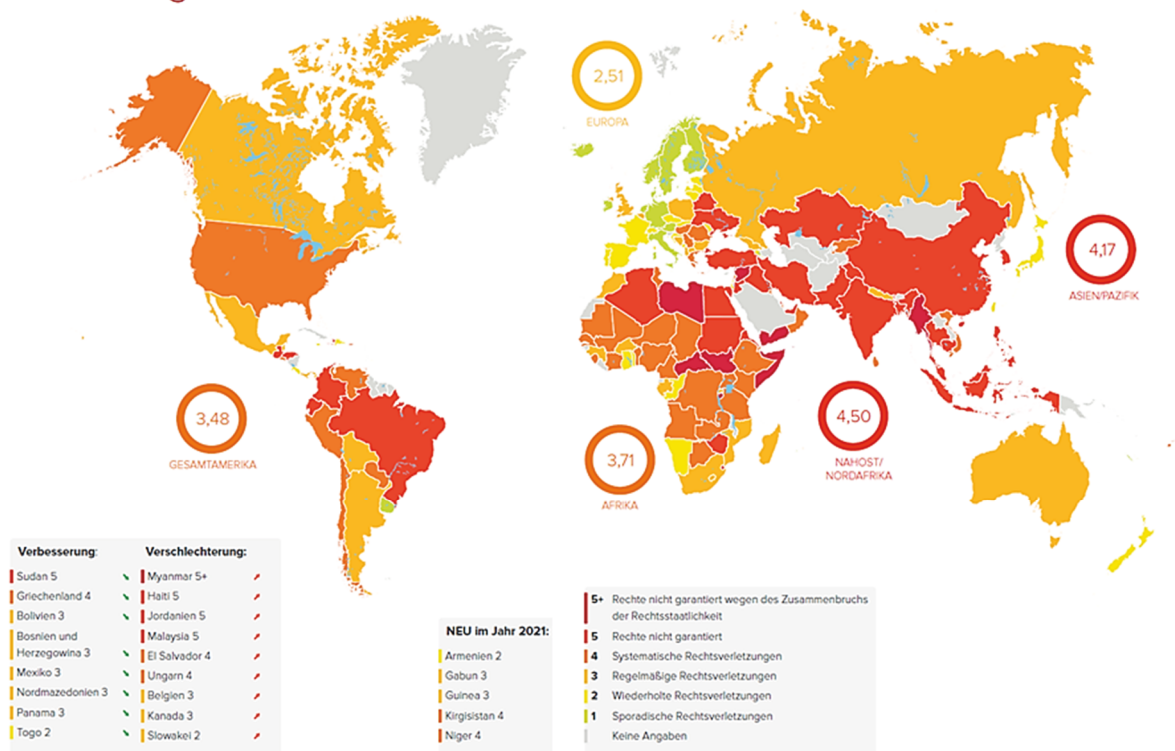


Abbildung 12: Der globale Rechtsindex des IGB 2021 (Quelle: IGB, 2021, S. 11–12)

4.4 Modellierung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts

Baumwolle wird in verschiedenen Ländern auf der Erde angebaut (Abbildung 13). Der Standort des Baumwollanbaus ist somit der Startpunkt der betrachteten Supply Chain. Von diesem Startpunkt aus kann ein T-Shirt verschiedene Wege bis zum Handel in Deutschland zurücklegen. Zur Modellierung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts werden die Anbauländer USA, Indien, Usbekistan sowie China berücksichtigt.

Angenommen wird für jede betrachtete Supply Chain, dass aus einem Kilogramm Baumwollfasern vier fertige T-Shirts zu je 250 Gramm entstehen (About You, o. J.). Als Verbrauchsfaktoren bzw. Hauptprodukte – der Output einer Aktivität kann den Input einer folgenden Aktivität darstellen – werden ausgehend von der Baumwolle (1 kg) Garn, Gewebe, veredeltes (gebleichtes) Gewebe und schließlich T-Shirts (4 Stück) berücksichtigt.

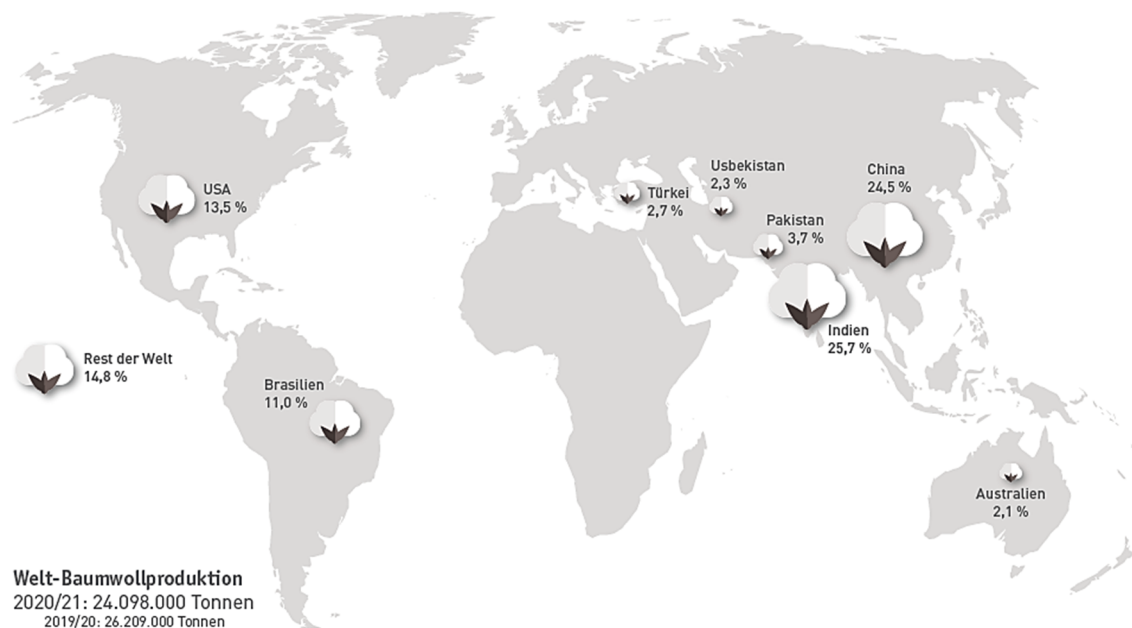


Abbildung 13: Die wichtigsten Baumwollproduktionsländer weltweit, © Bremer Baumwollbörse
(Quelle: <https://baumwollboerse.de/2021/07/01/jahresbericht-2020/> oder https://baumwollboerse.de/wp-content/uploads/2021/07/PM_Jahresbericht_2020.pdf)

Umweltbezogene Güter bilden der CO₂e-Ausstoß in den einzelnen Produktions- und Transportprozessen, das verbrauchte (blaue) Wasser sowie anfallendes Abwasser (graues Wasser).²⁷ Diese Güter werden wie Inputs behandelt, da ihr Ausstoß bzw. Verbrauch bei gegebenem Output (4 T-Shirts) zu minimieren ist. Der CO₂e-Ausstoß wird einerseits pro Transport berechnet.²⁸ Hierbei wird für alle Transportaktivitäten ein Transportgewicht von einem Kilogramm berechnet. Die sich ergebenden Werte werden den jeweils empfangenden Prozessen/Aktivitäten zugerechnet. Für die CO₂e-Ausstöße für die stationären Wertschöpfungsprozesse Spinnen (Spinnerei), Stricken/Weben (Weberei), Bleichen/Färben (Veredelung) und Konfektion/Nähen (Konfektionierung) werden jeweils Mittelwerte zur Berechnung herangezogen.

²⁷ Grundlagen der nachfolgenden Berechnungen: Galileo (2009), About You (o. J.), Carboncare (o. J.), Wiegmann (2002), UnitJuggler (o. J.), Breitkopf (2021), Cotton made in Africa (2012), Wirklich (2021), Ferenschild (2013), Hinzmann (2009), Chapagain et al. (2006), Brameier (2019), Arretz/Meyer (2018), Gschnell (2017), Ferenschild/Katiyar (2015), ECCHR (2010).

²⁸ CO₂-Rechner der Treibhaus-Effekte für Transport und Logistik: <https://www.carboncare.org/co2-emissions-rechner.html>.

Der Energieverbrauch der Garnherstellung kann mit 30,6 MJ/kg angegeben werden, für Stricken/Weben mit 32,6 MJ/kg, für die Veredelung mit 39,93 MJ/kg und für die Konfektion/Nähen mit 2,1 MJ/kg (Wiegmann, 2002). Die Einheit Megajoule wird in Kilowattstunden umgerechnet. Dies ergibt für die Garnherstellung 8,5 kWh, für das Stricken/Weben 9,05 kWh, für die Veredelung 11,09 kWh und für Konfektion/Nähen 0,58 kWh. Die jeweiligen Kilowattstunden werden mit dem Faktor 0,366 kg CO_{2e} multipliziert, da der CO₂-Emissionsfaktor für den Strommix auf 366 Gramm im Jahr 2020 geschätzt werden kann (Breitkopf, 2021). Das ergibt die folgenden Werte:

- Garnherstellung: $8,50 kWh \cdot 0,366 kg CO_2e = 3,11 kg CO_2e$
- Stricken/Weben: $9,05 kWh \cdot 0,366 kg CO_2e = 3,31 kg CO_2e$
- Veredelung: $11,09 kWh \cdot 0,366 kg CO_2e = 4,06 kg CO_2e$
- Konfektion/Nähen: $0,58 kWh \cdot 0,366 kg CO_2e = 0,21 kg CO_2e$
- Für den Anbau der Baumwolle werden 4,6 kg CO_{2e} pro Kilogramm Baumwolle herangezogen (Cotton made in Africa, 2012).²⁹

Für den Wasserverbrauch sowie das Abwasser werden individuelle Werte pro Standort herangezogen. Basis hierfür bilden die Analysen bzw. Studien des International Cotton Advisory Board (ICAC, 2021), Brameier (2019) sowie Chapagain et al. (2006), siehe Abbildung 14.

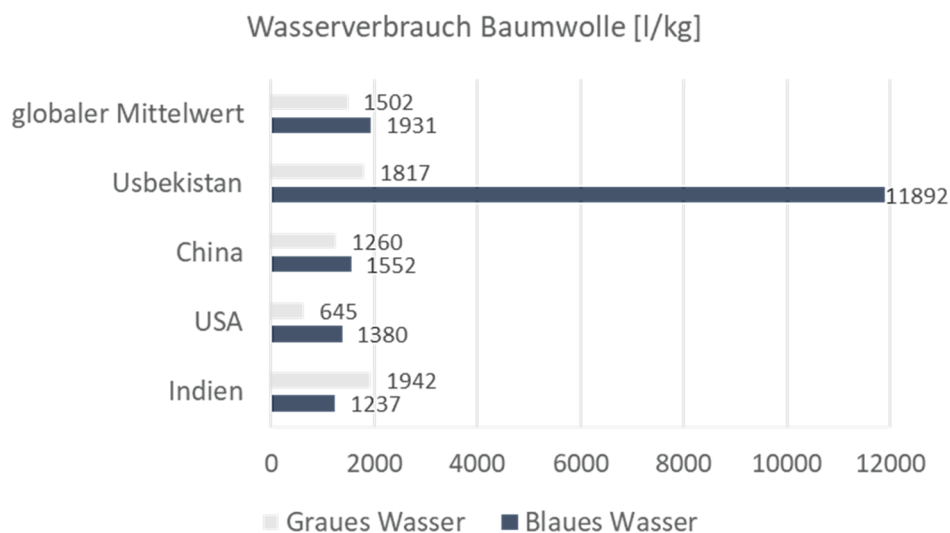


Abbildung 14: Wasserfußabdruck Baumwolle (l/kg)

(Quelle: In Anlehnung an Brameier, 2019 und ICAC, 2021)

Aufbauend auf den oben genannten Ausführungen erfolgt eine formale Darstellung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts gemäß Formel (5). Hierbei werden die Basisprozesse entlang der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts als Aktivitäten

²⁹ Es können grundsätzlich länderspezifische Werte ermittelt werden. Da der relevante Ausstoß jedoch durch die Transporte resultiert, wurde darauf verzichtet.

modelliert (Abbildung 15). Insgesamt werden zunächst vier potenzielle Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts modelliert und analysiert.

$$\begin{aligned}
 v^1 + v^2 + v^3 + v^4 + v^5 + v^6 &= \begin{pmatrix} v_1^1 \\ v_2^1 \\ v_3^1 \\ v_4^1 \\ v_5^1 \\ v_6^1 \\ v_7^1 \\ v_8^1 \\ v_9^1 \\ v_{10}^1 \\ v_{11}^1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^2 \\ v_2^2 \\ v_3^2 \\ v_4^2 \\ v_5^2 \\ v_6^2 \\ v_7^2 \\ v_8^2 \\ v_9^2 \\ v_{10}^2 \\ v_{11}^2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^3 \\ v_2^3 \\ v_3^3 \\ v_4^3 \\ v_5^3 \\ v_6^3 \\ v_7^3 \\ v_8^3 \\ v_9^3 \\ v_{10}^3 \\ v_{11}^3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^4 \\ v_2^4 \\ v_3^4 \\ v_4^4 \\ v_5^4 \\ v_6^4 \\ v_7^4 \\ v_8^4 \\ v_9^4 \\ v_{10}^4 \\ v_{11}^4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^5 \\ v_2^5 \\ v_3^5 \\ v_4^5 \\ v_5^5 \\ v_6^5 \\ v_7^5 \\ v_8^5 \\ v_9^5 \\ v_{10}^5 \\ v_{11}^5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} v_1^6 \\ v_2^6 \\ v_3^6 \\ v_4^6 \\ v_5^6 \\ v_6^6 \\ v_7^6 \\ v_8^6 \\ v_9^6 \\ v_{10}^6 \\ v_{11}^6 \end{pmatrix} \\
 v^1 &: \text{Rohstoffproduktion} \\
 v^2 &: \text{Spinnerei} \\
 v^3 &: \text{Weberei} \\
 v^4 &: \text{Veredelung} \\
 v^5 &: \text{Konfektionierung} \\
 v^6 &: \text{Handel}
 \end{aligned}$$

$$= \begin{pmatrix} v_1^1 + v_1^2 + \dots + v_1^6 \\ \vdots \\ v_{11}^1 + v_{11}^2 + \dots + v_{11}^6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_1^{T\text{-Shirt}} \\ v_2^{T\text{-Shirt}} \\ v_3^{T\text{-Shirt}} \\ v_4^{T\text{-Shirt}} \\ v_5^{T\text{-Shirt}} \\ v_6^{T\text{-Shirt}} \\ v_7^{T\text{-Shirt}} \\ v_8^{T\text{-Shirt}} \\ v_9^{T\text{-Shirt}} \\ v_{10}^{T\text{-Shirt}} \\ v_{11}^{T\text{-Shirt}} \end{pmatrix} \begin{matrix} T\text{-Shirt} & [ME] \\ \text{Veredeltes Gewebe} & [kg] \\ \text{Gewebe} & [kg] \\ \text{Garn} & [kg] \\ \text{Baumwolle} & [kg] \\ CO_2e & [kg] \\ \text{Wasser} & [l] \\ \text{Abwasser} & [l] \\ \text{Transportstrecke} & [km] \\ \text{Arbeitsbedingung} & \\ \text{Korruption} & \end{matrix}$$

Abbildung 15: Verwendete Notation zur Modellierung von Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts

Supply Chain (1): Im Anbaugebiet China findet die Weiterverarbeitung ausschließlich innerhalb des Landes statt (Wiegmann, 2002). Der Anbau und die Ernte geschehen in Xinjiang, danach wird die Baumwolle zum Spinnen nach Zhanjiang transportiert. Gestrickt und gefärbt wird in Guangzhou und das fertige T-Shirt wird in Foshan genäht (Galileo, 2009). Der Transport von Shanghai nach Deutschland erfolgt per Schiff.

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -4,6 \\ -1552 \\ -1260 \\ 0 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ -3,27 \\ -99 \\ 0 \\ -3100 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ -3,33 \\ -100 \\ -100 \\ -370 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ -4,06 \\ -360 \\ -360 \\ 0 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,21 \\ -136 \\ -136 \\ -20 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,57 \\ 0 \\ 0 \\ -11000 \\ -1 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -16,04 \\ -2247 \\ -1856 \\ -14490 \\ -26 \\ 305 \end{pmatrix}$$

T-Shirt	[ME]
Veredeltes Gewebe	[kg]
Gewebe	[kg]
Garn	[kg]
Baumwolle	[kg]
CO ₂ e	[kg]
Wasser	[l]
Abwasser	[l]
Transportstrecke	[km]
Arbeitsbedingung	
Korruption	

Supply Chain (2): Die zweite Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts startet in Indien. Hier wird die Baumwolle angebaut und geerntet. Zu Garn gesponnen wird das Rohmaterial in der Türkei, gewebt werden die Stoffe in Taiwan. Danach gehen die Gewebe zum Färben nach Polen und später zum Nähen nach Bangladesch. Verkauft wird das fertige T-Shirt aus Baumwolle wieder in Deutschland (Menschenrechtszentrum Nürnberg, 2015).

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -4,6 \\ -1237 \\ -1942 \\ 0 \\ -5 \\ 40 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ -3,52 \\ -153 \\ 0 \\ -6220 \\ -5 \\ 38 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ -3,73 \\ -140 \\ -140 \\ -10650 \\ -2 \\ 68 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ -4,58 \\ -305 \\ -360 \\ -8700 \\ -3 \\ 56 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,64 \\ -150 \\ -136 \\ -6600 \\ -5 \\ 26 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,51 \\ 0 \\ 0 \\ -10000 \\ -1 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -17,58 \\ -1985 \\ -2578 \\ -42170 \\ -21 \\ 308 \end{pmatrix}$$

T-Shirt	[ME]
Veredeltes Gewebe	[kg]
Gewebe	[kg]
Garn	[kg]
Baumwolle	[kg]
CO ₂ e	[kg]
Wasser	[l]
Abwasser	[l]
Transportstrecke	[km]
Arbeitsbedingung	
Korruption	

Supply Chain (3): Die dritte Supply Chain startet in den USA (Baumwollanbau). Die Herstellung des Garns wird in der Türkei verrichtet, danach wird das Garn in Taiwan zu Stoffen gewebt. Das Bleichen geschieht in China und das Nähen in Bangladesch (Henkel, 2017; TRIGEMA Online Team, 2021).

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -4,6 \\ -1380 \\ -645 \\ 0 \\ -4 \\ 67 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ -3,16 \\ -153 \\ 0 \\ -10000 \\ -5 \\ 38 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ -3,73 \\ -140 \\ -140 \\ -10650 \\ -2 \\ 68 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ -4,09 \\ -305 \\ -360 \\ -2700 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,37 \\ -150 \\ -136 \\ -3450 \\ -5 \\ 26 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,51 \\ 0 \\ 0 \\ -10000 \\ -1 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -16,46 \\ -2128 \\ -1281 \\ -36800 \\ -22 \\ 324 \end{pmatrix}$$

T-Shirt	[ME]
Veredeltes Gewebe	[kg]
Gewebe	[kg]
Garn	[kg]
Baumwolle	[kg]
CO ₂ e	[kg]
Wasser	[l]
Abwasser	[l]
Transportstrecke	[km]
Arbeitsbedingung	
Korruption	

Supply Chain (4): Die letzte betrachtete Supply Chain startet in Usbekistan. Hier wird der Rohstoff Baumwolle angebaut und geerntet. Das Spinnen und das Weben der Baumwolle passiert in Indien, gefärbt wird das Garn in China. Danach wird das Kleidungsstück in Bangladesch genäht und schließlich in Deutschland verkauft (UTA, 2015).

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -4,6 \\ -11892 \\ -1817 \\ 0 \\ -5 \\ 28 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ -3,27 \\ -118 \\ 0 \\ -3300 \\ -5 \\ 40 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ -3,39 \\ -119 \\ -119 \\ -1500 \\ -5 \\ 40 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ -4,24 \\ -305 \\ -360 \\ -3600 \\ -5 \\ 45 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,37 \\ -150 \\ -136 \\ -3450 \\ -5 \\ 26 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -0,51 \\ 0 \\ 0 \\ -10000 \\ -1 \\ 80 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -16,38 \\ -12584 \\ -2432 \\ -21850 \\ -26 \\ 259 \end{pmatrix}$$

T-Shirt	[ME]
Veredeltes Gewebe	[kg]
Gewebe	[kg]
Garn	[kg]
Baumwolle	[kg]
CO ₂ e	[kg]
Wasser	[l]
Abwasser	[l]
Transportstrecke	[km]
Arbeitsbedingung	
Korruption	

Es kann zunächst festgehalten werden, dass die Modellierung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts auf Basis der Aktivitätsanalyse gelingt. Insbesondere ist es für ein Nachhaltiges Supply Chain Design entscheidend, dass die ökologischen und sozialen Kriterien nicht nur auf einzelnen Wertschöpfungsstufen eingehalten bzw. erfüllt werden, sondern über die gesamte Supply Chain hinweg. Durch die vektorielle Darstellung der einzelnen Wertschöpfungsstufen und die komponentenweise Addition dieser Vektoren gelingt sowohl eine wertschöpfungsstufenbezogene als auch eine Supply Chain-weite Betrachtung.

4.5 Bewertung alternativer Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts

Nachdem sowohl die ökologische als auch die soziale Dimension der Nachhaltigkeit in Supply Chains von Baumwoll-T-Shirts dargestellt und anhand alternativer Supply Chains bewertet wurde, erfolgt nun die Bewertung der Alternativen. Um eine Auswahl der Supply Chains zu ermöglichen, müssen die mengenmäßigen In- und Outputs betrachtet und verglichen werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt zusammenfassend die Ergebnisse der Supply Chains von Baumwoll-T-Shirts mit den Anbauländern China, Indien, USA und Usbekistan.

Wird das Dominanz- bzw. Effizienzkriterium (Abschnitt 3.1) herangezogen, so kann Supply Chain (4) als nicht-effizient betrachtet werden, da sie von Supply Chain (1) dominiert wird. Für die verbleibenden drei Alternativen ist eine Bewertung nicht eindeutig abzugeben. Bei den umweltbezogenen Kriterien zeigt sich bei Supply Chain (1) der niedrigste CO₂-Ausstoß, was darauf zurückzuführen ist, dass 5 der stationären Wertschöpfungsprozesse in einem Land (China) stattfinden, wodurch die Transportstrecke sehr gering wird. Während der Wasserverbrauch bei Supply Chain (2) in Indien aufgrund der großen Niederschlagsmenge (grünes Wasser) am niedrigsten ist, ist der Ausstoß an Abwasser bei Supply Chain (3) am niedrigsten. Dies kann auf die modernen Produktionstechnologien in den USA zurückgeführt werden. Auch bezüglich der sozialen Dimension ist keine eindeutige Aussage möglich, jedoch zeigen hier die Supply Chain (2) und (3) die besten Werte.

Supply Chain				
(1)	(2)	(3)	(4)	
4	4	4	4	T-Shirt [ME]
0	0	0	0	Veredeltes Gewebe [kg]
0	0	0	0	Gewebe [kg]
0	0	0	0	Garn [kg]
0	0	0	0	Baumwolle [kg]
-16,04	-17,58	-16,46	-16,38	CO ₂ e [kg]
-2247	-1985	-2128	-12584	Wasser [l]
-1856	-2578	-1281	-2432	Abwasser [l]
-14490	-42170	-36800	-21850	Transportstrecke [km]
-26	-21	-22	-26	Arbeitsbedingung
305	308	324	259	Korruption

Abbildung 16: Bewertung alternativer Supply Chains

5 Fazit

In diesem Beitrag wurde auf der Basis der Aktivitätsanalyse ein quantitativer Ansatz zur Modellierung und Bewertung von Supply Chains abgeleitet und am Beispiel von Baumwoll-T-Shirts angewendet. Hiermit kann ein nachhaltigkeitsorientiertes Supply Chain Design unterstützt werden. Insbesondere ist es möglich, qualitative Kriterien bei der Entscheidungsunterstützung zu beachten. Für die Analyse wurden konventionelle Baumwoll-T-Shirts betrachtet. Es gibt jedoch eine Vielzahl von Unternehmen, die nachhaltige, klimaneutrale, faire und/oder so genannte Bio T-Shirts anbieten.

So kann der mit Transporten verbundene Ausstoß des Treibhausgases CO₂ beispielsweise im Sinne einer Klimaneutralität signifikant reduziert werden, wenn entweder die Prozessgestaltung bezüglich der Transportemissionen optimiert wird (Steigerung der Transporteffizienz durch Vermeidung von Leerfahrten oder durch die Bündelung von Transportquantitäten) oder wenn energieeffiziente Technologien eingesetzt werden. Einen großen Einfluss auf die Umweltwirkung von Transportprozessen hat die Verkehrsträgerwahl, d. h. inwieweit eine Verlagerung von z. B. Lkw auf Bahn oder Binnenschiff gelingt. Eine CO₂-Neutralität von Transportleistungen wird in der Praxis häufig durch Klimakompensationen erreicht. Hierbei wird der durch Transportleistungen verursachte CO₂-Ausstoß durch Einsparungen beim Treibhausgasausstoß an anderer Stelle wieder ausgeglichen. Klimaschutz-Projekte zum Zweck der Klimakompensation können die Errichtung von Anlagen betreffen, die keine klimarelevanten Gase ausstoßen, z. B. Windkraftanlagen. Andere Projekte fokussieren darauf, der Atmosphäre dauerhaft Treibhausgase zu entziehen, z. B. durch Aufforstung von Wäldern. Aufgrund der globalen Schädigungswirkung von Treibhausgasen ist es für den Klimaschutz grundsätzlich zunächst nicht von Bedeutung, wo diese emittiert bzw. vermieden werden. Jedoch ist die Fehlsteuerung der Klimakompensation kritisch zu betrachten, da für Unternehmen der Anreiz geringer werden kann, nach ressourcenschonenden Alternativen der Leistungserstellung zu suchen (Sucky/Krogoll, 2016). Auf dem Internetauftritt des Unternehmens ARMEDANGELS heißt es dazu selbstkritisch: „Wir sind uns bewusst, dass es kritische Aspekte dieses Ansatzes gibt, haben aber entschieden, dass es besser ist, jetzt etwas Unperfektes zu tun, als nichts zu tun.“³⁰ Detaillierte Angaben zu Klimakompensationsprojekten findet sich beispielsweise bei ARMEDANGELS³¹ oder erlich textil³². Eine Reduktion der Transportkilometer und damit auch des CO₂-Ausstoßes zeigt beispielsweise ein Vergleich von Supply Chain (3) und den Supply Chains für T-Shirts der Marken TRIGEMA und

³⁰ <https://www.armedangels.com/de-de/mission/climate-action/heres-the-deal-on-carbon>.

³¹ <https://www.armedangels.com/de-de/mission/climate-action/heres-the-deal-on-carbon>.

³² <https://erlich-textil.de/klimaneutralitaet>.

ARMEDANGELS (Abbildung 17). Bei TRIGEMA erfolgt der Anbau und die Entkörnung der Baumwolle in der Türkei. Das Garn wird in Griechenland erzeugt, die Produktionsschritte (Stoffherstellung, Veredelung, Konfektion) erfolgen in Deutschland.³³ Für ARMEDANGELS erfolgt der Anbau und die Entkörnung der Baumwolle sowie die Garnproduktion (Spinnerei) in Indien, während die Produktionsschritte (Stoffherstellung, Veredelung, Konfektion) in Portugal erfolgen.³⁴

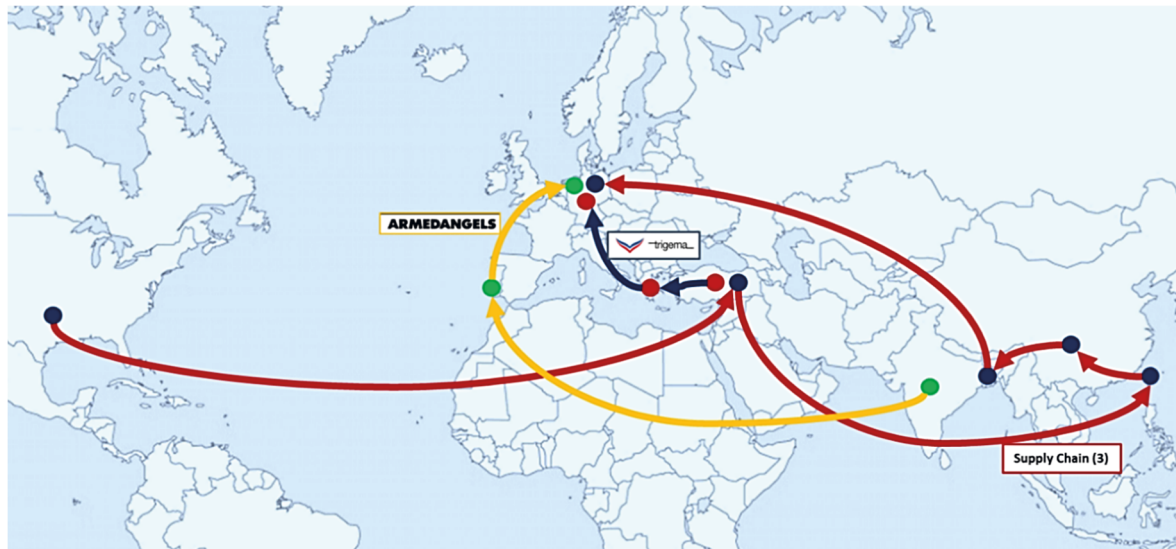


Abbildung 17: Reduktion von Transportemissionen durch kundennahe Wertschöpfungsprozesse

Durch die Verwendung von Bio-Baumwolle sowie einer (in welcher Form auch immer realisierten) CO₂-Neutralität können Unternehmen mit einem Anspruch auf Nachhaltigkeit zumindest die umweltbezogenen Kriterien erfüllen. Aber wie können die sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit mit einbezogen werden? Der Global Organic Textile Standard (GOTS) ist ein Nachhaltigkeitslabel, das nicht nur umwelttechnische Anforderungen entlang der gesamten textilen Supply Chain einfordert, sondern gleichzeitig auch die Einhaltung von bestimmten Sozialkriterien. So hebt beispielsweise die bleed clothing GmbH die Einhaltung von sozialen Standards in der Textilproduktion hervor.³⁵ Darüber hinaus existieren weitere Möglichkeiten, nachhaltige Textilien zu zertifizieren: Der Standard des Internationalen Verbands der Naturtextilwirtschaft e. V. (IVN zertifiziert) geht z. B. etwas über die GOTS-Kriterien hinaus, hohe Sozialstandards legt das Label der Fair Wear Foundation zugrunde und Fair-trade Textile Production und Fair-trade Cotton bestätigen vor allem Aspekte eines fairen Handels, während Oeko-Tex 100 die Giftfreiheit von Textilien nachweist.³⁶ Einen umfassenden Überblick zu Textilsiegeln und ihrer Wirkung auf den Konsumenten

³³ <https://www.trigema.de/magazin/weg-eines-t-shirts/>.

³⁴ <https://www.armedangels.com/de-de/mission/sustainable-production/vom-rohstoff-zum-produkt>.

³⁵ <https://www.bleed-clothing.com/deutsch/fair-produziert>.

³⁶ <https://utopia.de/siegel/gots-siegel-global-organic-textile-standard/>.

liefern Heusinger/Felch (2021). Die Einhaltung von sozialen und ökologischen Kriterien in der Supply Chain für Baumwoll-T-Shirts ist jedoch auch mit Kosten verbunden, welche sich im Verkaufspreis niederschlagen. Daher liegt es insbesondere in der Hand der Endverbraucher, ob nachhaltige Supply Chains für Baumwoll-T-Shirts Standard werden. Hier kann – eine entsprechende Kennzeichnung vorausgesetzt – eine bestimmte Zahlungsbereitschaft identifiziert werden (Kramer/Sucky, 2021).

Gemäß einer aktuellen Studie von BME und IntegrityNext bereitet sich die Mehrheit der Unternehmen auf das Lieferkettengesetz und seinen Transparenzansprüchen bezüglich Nachhaltigkeit in der Supply Chain vor. So führt bereits die Mehrheit der Unternehmen Lieferantbewertungen zu Nachhaltigkeitsthemen durch. Die Beachtung von ESG-Kriterien (Environmental, Social und Governance) wird jedoch nicht allein durch Anforderungen des Gesetzes getrieben, sondern auch aufgrund des Verantwortungsbewusstseins der Unternehmen sowie des Drucks der Endkunden (BME, 2022). Der hier gezeigte Ansatz auf Basis der Aktivitätsanalyse unterstützt eine Modellierung, Bewertung und Auswahl nachhaltiger Supply Chains durch eine ganzheitliche Betrachtung der gesamten Supply Chain. Für ein nachhaltiges Supply Chain Design ist es entscheidend, dass die ökologischen und sozialen Kriterien der Nachhaltigkeit nicht nur auf einzelnen Wertschöpfungsstufen eingehalten bzw. erfüllt werden, sondern über die gesamte Supply Chain hinweg.

6 Literatur

- About You (o. J.): Wie viel Baumwolle braucht man für ein T-Shirt? - ASK ABOUT YOU. Abgerufen am 03.09.2021 von <https://ask.aboutyou.de/q/wie-viel-baumwolle-braucht-man-fur-ein-t-shirt-198.html>.
- Ahi, P./Searcy, C. (2015): An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains, in: *Journal of Cleaner Production*. 86 (1), S. 360–377.
- Ankenbrand, K./Linß, I./Sucky, E. (2019): Theorie(n) des Supply Chain Managements: Eine Literaturanalyse, in: Sucky, E./Werner, J./Kolke, R./Biethahn, N./Vogelsang, M. (Hrsg.), *Mobility in a Globalised World 2018*, Bamberg, S. 114–137.
- Arretz, M. (2011): Die nachhaltige Gestaltung von Lieferketten, in: Gabath, C. W. (Hrsg.), *Innovatives Beschaffungsmanagement. Trends, Herausforderungen, Handlungsansätze*, Wiesbaden, S. 107–111.
- Arretz, M./Meyer, K. (2018): Die Bedeutung von Nachhaltigkeit in der Lieferkette für mittelständische Textilunternehmen, in: Heinrich, P. (Hrsg.), *CSR und Fashion. Nachhaltiges Management in der Bekleidungs- und Textilbranche*, Berlin u. a., S. 303–318.

- Asdecker, B. (2014): Retourenmanagement im Versandhandel - Theoretische und empirisch fundierte Gestaltungsalternativen für das Management von Retouren, Bamberg.
- Baier, A. (o. J): Vom Baumwollfeld bis in den Kleiderschrank. Abgerufen am 03.02.2022 von http://www.pan-germany.org/download/fs_bw_b_schrank.pdf.
- Barbosa-Povoa, A. P./Mota, B./Carvalho, A. (2018): How to design and plan sustainable supply chains through optimization models?, in: *Pesquisa Operacional*. 38 (3), S. 363–388.
- Batz, M. (2021): Nachhaltigkeit in der Sozialwirtschaft: Eine Einführung, Wiesbaden.
- Brameier, U. (2019): Baumwolle und Textilien, oder: „Gibt's das auch in fair?“. Abgerufen am 11.09.2021 von https://www.fairtrade-deutschland.de/fileadmin/DE/mediathek/pdf/fairtrade_unterrichtseinheit_baumwolle_textilien.pdf.
- Brandenburg, M./Govindan, K./Sarkis, J./Seuring, S. (2014.): Quantitative models for sustainable supply chain management: developments and directions, in: *European Journal of Operational Research*. 233, S. 299–312.
- Breitkopf, A. (2021): CO₂-Emissionsfaktor für den Strommix in Deutschland bis 2020. Abgerufen am 15.09.2021 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/38897/umfrage/co2-emissionsfaktor-fuer-den-strommix-in-deutschland-seit-1990/>.
- Bremer Baumwollbörse (2021): Wie viel Wasser braucht Baumwolle wirklich. Abgerufen am 08.02.2022 von <https://baumwollboerse.de/2021/05/11/wie-viel-wasser-braucht-baumwolle-wirklich/>.
- Bretzke, W.-R. (2014): Nachhaltige Logistik, Zukunftsfähige Netzwerk- und Prozessmodelle. 3. Auflage, Berlin u. a.
- BME, Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e. V. (2022): Nachhaltige Lieferketten: Auf Firmen wartet noch viel Arbeit. Abgerufen am 28.02.2022 von <https://www.bme.de/4072/>.
- Carboncare (o. J.): CO₂-Rechner der Treibhaus-Effekte für Transport und Logistik. Abgerufen am 15.09.2021 von <https://www.carboncare.org/co2-emissions-rechner.html>.
- Carlowitz, H. C. v. (1713): *Sylvicultura Oeconomica: Oder Haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*, Kronberg (abrufbar unter: <https://www.digitale-sammlungen.de/en/view/bsb10214444>).
- Chapagain, A. K./Hoekstra, A. Y./Savenije, H. H. G./Gautam, R. (2006): The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries, in: *Ecological Economics*. 60 (1), S. 186–203.
- Corsten, H./Gössinger, R. (2008): Einführung in das Supply Chain Management. 2. Auflage, München.

- Corsten, H./Gössinger, R. (2012): Produktionswirtschaft. Einführung in das industrielle Produktionsmanagement, München u. a.
- Cotton made in Africa (2012): Cotton made in Africa spart Wasser und Treibhausgas-Emissionen. Abgerufen am 15.09.2021 von <https://cottonmadein africa.org/news/cotton-made-in-africa-spart-wasser-und-treibhausgas-emissionen-2/>.
- De Meza, D./Van Der Ploeg, F. (1987): Production flexibility as a motive for multinationality, in: *The Journal of Industrial Economics*. 35 (3), S. 343–351.
- Dinkelbach, W./Rosenberg, O. (2011): Erfolgs- und umweltorientierte Produktionstheorie, Berlin.
- Döring, R./Ott, K. (2001): Nachhaltigkeitskonzepte, in: *Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik*. 3, S. 315-338.
- Dürr, C. (2021): Die Globale Lieferkette - Unser Wohlstand, Deren Armut!. Abgerufen am 28.08.2021 von https://www.transparency.de/fileadmin/Redaktion/Aktuelles/Veranstaltungen/Praesentationen/21-02-24_Globale_Lieferketten_-_unser_Wohlstand__deren_Armut.pdf.
- Dyckhoff, H. (2006): Produktionstheorie. Grundzüge industrieller Produktionswirtschaft. 5. Auflage, Berlin.
- Dyckhoff, H. (2013): Betriebliche Produktion: Theoretische Grundlagen einer umweltorientierten Produktionswirtschaft, Berlin.
- Dyckhoff, H./Spengler, T. S. (2010): Produktionswirtschaft. Eine Einführung, Berlin.
- ECCHR-European Center of Constitutional and Human Rights e.V. (2010): Typische Menschenrechtsproblematik: Ausbeuterische Arbeitsbedingungen – insbesondere Kinderarbeit – in der Textilindustrie. Staatlich angeordnete Zwangs- und Kinderarbeit in Usbekistans Baumwollsektor, Berlin.
- Elkington, J. (1998): *Cannibals with Forks: The triple Bottom Line of the 21st Century*, Stoney Creek, CT.
- Eskandarpour, M./Dejax, P./Miemczyk, J./Péton, O. (2015): Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review, in: *Omega*. 54, S. 11–32.
- Fandel, G. (2005): Produktion I. Produktions- und Kostentheorie. 6. Auflage, Berlin.
- Fandel, G./Lorth, M./Blaga, S. (2008): Übungsbuch zur Produktions- und Kostentheorie. 3. Auflage, Berlin.
- Fehr, S. (2015): Arbeitsbedingungen in Bangladesch: Korruption besser bekämpfen. Abgerufen am 28.08.2021 von <https://taz.de/Arbeitsbedingungen-in-Bangladesch/!5261177/>.
- FEMNET e.V. (2020): Klimaschäden durch die Bekleidungsindustrie. Abgerufen am 20.08.2021 von <https://femnet.de/informationen/materialien-medien/broschueren-flyer/fuer-verbraucher-innen/1463-femnet-factsheet-klimaschaeden-durch-die-bekleidungsindustrie.html>.
- Ferenschild, S. (2013): Von weißem Gold und goldenem Öl - Flächennutzungskonflikte und Migration an den Beispielen Baumwolle und Palmöl, Siegburg.

- Ferenschild, S. (2015): *Niedriglöhne und Kinderarbeit - Arbeit in der Produktion von Baumwollsaatgut in Indien*, Bonn.
- Ferenschild, S./Katiyar, S. (2015): *Harte Arbeit für weiche Fasern - Arbeitsrechtsverletzungen in indischen Entkernungsfabriken*, Bonn.
- Flämig, H. (2015): *Logistik und Nachhaltigkeit*, in: Heidbrink, L.; Meyer, N.; Reidel, J.; Schmidt, I. (Hrsg.), *Corporate Social Responsibility in der Logistikbranche*, Berlin, S. 25–44.
- Galileo (2009): *Galileo - Video - Der Weg des T-Shirts – ProSieben*. Abgerufen am 03.09.2021 von <https://www.prosieben.de/tv/galileo/videos/der-weg-des-t-shirts-clip>.
- Gogoll, F./Wenke, M. (2017): *Unternehmensethik, Nachhaltigkeit und Corporate Social Responsibility: Instrumente zur Einführung eines Verantwortungsmanagements in Unternehmen*, Stuttgart.
- Gschnell, V. (2017): *Von der Baumwolle in unserem Kleiderschrank*, Brixen.
- Hahn, D. (2000): *Problemfelder des Supply Chain Management*, in: Wildemann, H. (Hrsg.), *Supply Chain Management*, München, S. 9–19.
- Henkel, M. (2017): *Baumwolle Teil II: Von der Rohware zum Stoff*. Abgerufen am 31.08.2021 von <https://www.carlmarie.de/magazin/wissen/baumwolle-teil2-verarbeitung/>.
- Heusinger, J./Felch, V. (2021): *Nachhaltigkeit in der Textil- und Bekleidungsindustrie: Eine empirische Untersuchung des Einsatzes von Textilsiegeln*, in: Sucky, E./Biethahn, N./Werner, J. (Hrsg.), *Mobility in a Globalised World 2020*, Bamberg 2021, S. 199–228.
- Heusler, K. F. (2004): *Implementierung von Supply Chain Management – Kompetenzorientierte Analyse aus der Perspektive eines Netzwerkakteurs*, Wiesbaden.
- Hinzmann, B. (2009): *Arbeits- und Menschenrechte in der Textilindustrie*. Abgerufen am 11.09.2021 von <https://www.bpb.de/internationales/weltweit/menschenrechte/38751/textilindustrie?p=all>.
- Houtman, J. (1998): *Elemente einer umweltorientierten Produktionstheorie*, Wiesbaden.
- ICAC (2021): *The ICAC Recorder, International Cotton Advisory Board, Special Issue: Snippets on Cotton production & Trade 2021, June 2021, Volume XXXIX, No. 2*. Abgerufen am 08.02.2022 von https://www.icac.org/Content/PublicationsPdf%20Files/dc12ae98_fb9b_40dc_9649_8bd8776c749d/e-cotton-recorder2_2021_revised.pdf.pdf.
- IGB, Internationaler Gewerkschaftsbund (2021): *Der Globale Rechtsindex des IGB 2021, Die schlimmsten Länder der Welt für erwerbstätige Menschen*. Abgerufen am 19.01.2022 von https://files.mutualcdn.com/ituc/files/ITUC_Global-RightsIndex_2021_DE.pdf.

- Johannes (2016): Von der Baumwolle zum T-Shirt: Eine Reise von 20.000 Kilometer bis in den Kleiderschrank. Abgerufen am 19.07.2021 von <https://www.jazzyshirt.de/magazin/von-der-baumwolle-zum-t-shirt/>.
- Jonas, H. (1979): Das Prinzip Verantwortung – Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation, Frankfurt am Main.
- Kabadurmus, O./Erdogan, M.S. (2020): Sustainable, multimodal and reliable supply chain design, in: *Annals of Operations Research*. 292, S. 47–70.
- Kersten, W./von See, B./Indorf, M. (2018): Digitalisierung als Wegbereiter für effizientere Wertschöpfungsnetzwerke, in: Khare, A.; Kessler, D.; Wirsam, J. (Hrsg.), *Marktorientiertes Produkt- und Produktionsmanagement in digitalen Umwelten*, Festgabe für Klaus Bellmann zum 75. Geburtstag, Wiesbaden, S. 101–117.
- Koopmans, T. C. (1951): An analysis of production as an efficient combination of activities, in: Koopmans, T. C. (Hrsg.), *Activity Analysis of Production and Allocation*, New York, S. 33–97.
- Kotzab, H. (2000): Zum Wesen von Supply Chain Management vor dem Hintergrund der betriebswirtschaftlichen Logistikkonzeption – erweiterte Überlegungen, in: Wildemann, H. (Hrsg.), *Supply Chain Management*, München, S. 21–47.
- Kramer, A./Sucky, E. (2021): CO2-Label bei Konsumgütern – eine empirische Studie zu Akzeptanz und Mehrwert aus Sicht der Konsumenten, in: Sucky, E./Bietahn, N./Werner, J. (Hrsg.), *Mobility in a Globalised World 2020*, Bamberg, S. 229–256.
- Kramper, G. (2017): 200 Dollar Entnahmegebühr – so saugt Nestlé eine Gegend trocken. Abgerufen am 29.12.2021 von <https://www.stern.de/wirtschaft/news/nur-200-dollar-entnahmegebuehr---so-saugt-nestl%C3%A9-eine-gegen-d-trocken-7477578.html>.
- Krieger, C./Sackmann, D. (2018): Soziale Nachhaltigkeit im Supply Chain Design, in: Dovbischuk, I./Siestrup, G./Tuma, A. (Hrsg.), *Nachhaltige Impulse für Produktion und Logistikmanagement*. Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Hans-Dietrich Haasis, Wiesbaden, S. 167–176.
- Krol, G.-J. (1986): Das Umweltproblem aus ökonomischer Sicht, in: *Gegenwartskunde*, Heft 3/1986, S. 377–408.
- Kumar, N. R./Kumar, R. S. (2013): Closed loop supply chain management and reverse logistics - A literature review, in: *International Journal of Engineering Research and Technology*. 6 (4), S. 455–468.
- McKinsey (2020): Fashion on climate – How the fashion industry can urgently act to reduce its greenhouse gas emissions. Abgerufen am 08.02.2022 von https://www.mckinsey.com/~/_/media/McKinsey/Industries/Retail/Our%20Insights/Fashion%20on%20climate/Fashion-on-climate-Full-report.pdf.

- Menschenrechtszentrum Nürnberg (2015): Die Textile Kette - Reise eines Billigshirts. Abgerufen am 03.09.2021 von <https://www.youtube.com/watch?v=6l3ITUv8EmU>.
- Micklin, P. (2016): The future Aral Sea: hope and despair, in: *Environmental Earth Sciences*. Volume 75, Article number: 844 (2016).
- Ökoprojekt Mobilspiel e.V. (o. J.): Marken, Mode und Moneten. Ursachen von Kinderarbeit. Abgerufen am 30.08.2021 von https://www.praxis-umweltbildung.de/dwnl/kleidung/kopiervorlage_ursachen%20kinderarbeit.pdf.
- Planetly (o. J.): CO₂-Äquivalente (CO₂e). Abgerufen am 28.08.2021 von <https://de.planetly.com/glossar/co2-aquivalente-co2e>.
- Publiceye (o. J.): Rana Plaza - Fabrikeinsturz in Bangladesch. Abgerufen am 28.08.2021 von <https://www.publiceye.ch/de/themen/mode/gesundheit-sicherheit-arbeitsplatz/bangladesch/rana-plaza>.
- Reichert, I. (2019): Kleidung: So macht sie unsere Umwelt kaputt. Abgerufen am 21.08.2021 von <https://www.quarks.de/umwelt/kleidung-so-macht-sie-unsere-umwelt-kaputt/>.
- Schlüter, M. (2003): Tradition, Selbstbestimmung, Kooperation und die Zukunft des Aralsees – Eine Suche nach neuen Wegen aus der Krise, in: Kaiser, M. (Hrsg.), *WeltWissen. Entwicklungszusammenarbeit in der Weltgesellschaft*, Bielefeld, S. 227–243.
- Schreiber, L. (2019): Optimization and simulation for sustainable supply chain design, in: *Digital Transformation in Maritime and City Logistics: Smart Solutions for Logistics. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, Vol. 28, S. 271–298.
- Seuring, S. (2013): A Review of Modeling Approaches for Sustainable Supply Chain Management, in: *Decision Support Systems*. 54 (3), S. 1513–1520.
- Seuring, S./Müller, M. (2008): From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management, in: *Journal of Cleaner Production*. 16 (15), S. 1699–1710.
- Siebenhüner, B. (2001): *Homo sustinens. Auf dem Weg zu einem Menschenbild der Nachhaltigkeit*, Marburg.
- Sommer, P. (2007): *Umweltfokussiertes Supply Chain Management - Am Beispiel des Lebensmittelsektors*, Wiesbaden.
- Spengler, T. S. (2021): *Sustainable Supply Chain Management. Bewertung und Gestaltung nachhaltiger Lieferketten*. Abgerufen am 28.01.2022 von <https://vhbonline.org/ueber-uns/100-jahre-vhb/100-schlaglichter-der-bwl/12012022-sustainable-supply-chain-management>.
- Stadtler, H. (2015): Supply Chain Management: An Overview, in: Stadtler, H./Kilger, C./Meyr, H. (Hrsg.), *Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software, and Case Studies*, Berlin, S. 3–28.

- Sucky, E. (2018): Produktions- und Distributionsnetzplanung, in: Furmans, K.; Kilger, C. (Hrsg.), Gestaltung der Struktur von Logistiksystemen, Berlin, S. 19–39.
- Sucky, E. (2022): Supply Chain Management, Stuttgart 2022.
- Sucky, E./Hönscheidt, I. (2008): Dynamische Konfiguration von Logistiknetzwerken, in: Becker, J., Knackstedt, R., Pfeiffer, D. (Hrsg.), Wertschöpfungsnetzwerke - Konzepte für das Netzwerkmanagement und Potenziale aktueller Informationstechnologien, Heidelberg, S. 133–152.
- Sucky, E./Krogoll, V. (2016): Internalisierung externer Effekte - Ein Weg zur nachhaltigen Logistik?, in: Sucky, E./Werner, J./Kolke, R./Biethahn, N. (Hrsg.), Mobility in a Globalised World 2015, Bamberg, S. 214–237.
- Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S. (2016): Market introduction strategies for alternative powertrains in long-range passenger cars under competition, in: Transportation Research Part D: Transport and Environment. 45, S. 4–27.
- Thies, C./Kieckhäfer, K./Hoyer, C./Spengler, T. S. (2018a): Economic Assessment of the LithoRec Process, in: Kwade, A./Diekmann, J. (Hrsg.), Recycling of Lithium-Ion Batteries, Cham: Springer, S. 253–266.
- Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S./Sodhi, M. S. (2018b): Spatially differentiated sustainability assessment for the design of global supply chains, in: Procedia CIRP. 69, S. 435–440.
- Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S./Sodhi, M. S. (2019a): Operations Research for sustainability assessment of products – A review, in: European Journal of Operational Research. 274 (1), S. 1–21.
- Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S./Sodhi, M. S. (2019b): Assessment of social sustainability hotspots in the supply chain of lithium-ion batteries, in: Procedia CIRP. 80, S. 292–297.
- Thies, C./Kieckhäfer, K./Spengler, T. S. (2021): Activity analysis based modeling of global supply chains for sustainability assessment, in: Journal of Business Economics. 91 (2), S. 215–252.
- Touboulic, A./Walker, H. (2015): Theories in sustainable supply chain management: A structured literature review, in: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 45, S. 16–42.
- Transformers Foundation (2021): Cotton: A Case Study in Misinformation - A Report on Building Critical Data Consumption in Fashion. Abgerufen am 08.02.2022 von https://static1.squarespace.com/static/5efdeb17898fb81c1491fb04/t/615e06bfe1c0673ad2ae61c5/1633552067271/CottonPaper_071021_TransformersFoundation_.pdf.
- Transparency International (2021): CPI – Korruptionswahrnehmungsindex 2021. Abgerufen am 04.02.2022 von <https://www.transparency.de/cpi/>; <https://www.transparency.org/en/cpi/2021>.

- TRIGEMA Online Team (2021): Der Weg eines T-Shirts - Herstellung & Transport. Abgerufen am 31.08.2021 von <https://www.trigema.de/magazin/weg-eines-t-shirts/>.
- Umweltinstitut München (2016): Anbau von Baumwolle. Abgerufen am 18.07.2021 von <http://www.umweltinstitut.org/fragen-und-antworten/bekleidung/anbau-von-baumwolle.html>.
- UnitJuggler (o. J.): Megajoule in Kilowattstunden umrechnen - Energie online konvertieren Abgerufen am 15.09.2021 von <https://www.unitjuggler.com/energy-umwandeln-von-MJ-nach-kWh.html?val=32,6>.
- UTA (2015): Wie Wird Mein T-Shirt Produziert Und Was Ist Es Wirklich Wert?. Abgerufen am 01.09.2021 von <http://www.aethic.de/2015/09/22/wie-wird-mein-t-shirt-produziert-und-was-ist-es-wirklich-wert/>.
- VERBRAUCHER INITIATIVE e.V. (o. J.): Baumwolle. Abgerufen am 30.08.2021 von <http://www.oeko-fair.de/clever-konsumieren/kleiden-schmuecken/baumwolle/>.
- Wagener, L. (2019): Was ist CO₂? Definition, Entstehung & Einfluss aufs Klima. Abgerufen am 20.08.2021 von <https://www.co2online.de/klima-schuetzen/klimawandel/was-ist-co2/>.
- WCED, World Commission on Environment and Development (1987): Our common future, Oxford, (abrufbar unter: https://www.netzwerk-n.org/wp-content/uploads/2017/04/0_Brundtland_Report-1987-Our_Common_Future.pdf).
- Wiegmann, K. (2002): Anbau und Verarbeitung von Baumwolle - Dokumentation der GEMIS-Daten, Freiburg u. a.
- Wirklich, K. (2021): So viel CO₂ steckt in einem T-Shirt. Abgerufen am 20.08.2021 von <https://www.polarstern-energie.de/magazin/artikel/so-viel-energie-steckt-in-einem-t-shirt-wirklich/>.
- Wittstruck, D./Teuteberg, F. (2010): Ein Referenzmodell für das Sustainable Supply Chain Management, in: Zeitschrift für Management. 5 (2), 141–164.
- WWF (2000): The impact of cotton on fresh water resources and ecosystems. Abgerufen am 08.02.2022 von https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/impact_long.pdf.