

Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
Fachbereich 7: Natur- und Umweltwissenschaften
Institut für Umweltwissenschaften

Bachelorarbeit

Ökobilanzierung des innovativen Kreislaufwirtschaft-Geschäftsmodells „Kleidung leihen“

Vorgelegt von Maximilian Steen

1. Gutachter: Dr. Frank Marscheider-Weidemann

2. Gutachter: Dr. Stefan Jergentz

Maximilian Steen
Haardtstraße 5
76829 Landau in der Pfalz
E-Mail: max-steen@web.de
Mobil: +49 163 7533188
Studiengang: B. Sc. Mensch und Umwelt: Psychologie, Kommunikation, Ökonomie
Matrikelnr.: 217201064

Diese Arbeit fand im Rahmen des Forschungsprojekts „Wear2Share“ am Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI unter Betreuung von Dr. Frank Marscheider-Weidemann statt.

Abstract

Die Bekleidungsindustrie ist extrem umweltschädlich. Angefeuert durch einen stetig wachsenden Kleidungskonsum, mitunter durch „Fast Fashion“, trägt sie zu einer Vielzahl der Umweltprobleme bei. Als eine Lösung für den hohen Bedarf an neuer Kleidung gelten innovative Kreislaufwirtschaft-Geschäftsmodelle wie „Produkt-Dienstleistungs-Systeme“ oder „Collaborative Fashion Consumption“. Ziel dieser Arbeit ist es, anhand eines Fallbeispiels ein solches Geschäftsmodell aus einer Umweltperspektive zu untersuchen. Es handelt sich um das Leihen von Kleidung mit einem monatlichen Abonnement, bei dem Kleidung regelmäßig getauscht werden kann. Diese Arbeit quantifiziert die Umweltwirkungen der Nutzung dieses Geschäftsmodells und eines konventionellen Geschäftsmodells und stellt fest, ob die Nutzung des „Kleidung leihen“ ökologisch vorteilhaft ist. Dafür wird die Methodik einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 (2021) angewandt. Die untersuchten Wirkungskategorien sind das Treibhauspotential (GWP), der kumulierte Energieaufwand (KEA) und die Wassernutzung. Die Ergebnisse zeigen, dass die größten Umweltlasten bei beiden Geschäftsmodellen in der Produktions- und der Nutzungsphase entstehen. Allerdings resultiert die Nutzung des Kreislauf-Geschäftsmodells in allen Wirkungskategorien in geringeren Umweltlasten und ist somit ökologisch vorteilhaft. Der wichtigste Faktor ist hier die Menge an neu gekaufter Kleidung, die durch das Leihen von Kleidung eingespart wird. So werden die höheren Distributionslasten des Kreislauf-Geschäftsmodells überkompensiert. Auch wenn das Kreislauf-Geschäftsmodell ökologische Vorteile bietet, so bleibt die Frage offen, wie groß das Verbreitungspotential in der Gesellschaft ist und wie viel Umweltlasten dadurch in Summe eingespart werden können. Allerdings wird deutlich, dass Nutzer*innen mit ihrem Verhalten (bspw. beim Kleidungskonsum oder Waschen) die Umweltlasten maßgeblich beeinflussen können. Die Nutzung des Kreislauf-Geschäftsmodells ist also ökologisch besser als das Kaufen von Kleidung, scheint aber keine Pauschallösung zu einer nachhaltigen Gesellschaft zu sein.

Keywords: *Ökobilanz, LCA, Kreislauf-Wirtschaft, PSS, CFC, Clothing library, Kleidung leihen*

Inhaltsverzeichnis

Abstract	II
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Liste der Abkürzungen	VIII
1. Einleitung	1
2. Ökobilanzen im Kontext von Kleidung	4
2.1. Die Methode der Ökobilanz	4
2.2. Überblick über Ökobilanzen im Kontext von Kleidung.....	5
2.3. Die Produktionsphase	6
2.3.1. Baumwollanbau.....	6
2.3.2. Textilproduktion	7
2.4. Die Transportphase.....	8
2.5. Die Nutzungsphase	9
2.6. Das Lebensende	10
3. Kreislaufwirtschaft, verwandte Konzepte und deren Nachhaltigkeitspotential	10
3.1. Kreislaufwirtschaft (CE).....	11
3.2. Product-Service-Systems (PSS)	11
3.3. Collaborative Fashion Consumption (CFC)	13
3.4. Ökobilanzen von PSS und CFC in der Bekleidungsindustrie	15
3.5 Das Geschäftsmodell des Praxispartners „Stay Awhile“	17
4. Ziel der Arbeit	18
5. Methodik und Untersuchungsrahmen	19
5.1. Begriffsdefinitionen.....	19
5.2. Funktion und funktionelle Einheit	19
5.3. Beschreibung der Systemmodelle	20
5.3.1. Geografischer Bezugsrahmen	22
5.3.2. Zeitlicher Bezugsrahmen	22
5.4. Allokation	23
5.5. Systemgrenzen, Annahmen und Datenquellen	23
5.5.1. Konsumverhalten und Bedarf an T-Shirts	23
5.5.2. Baumwollanbau.....	25
5.5.3. Textilproduktion	26
5.5.4. Konfektion	26
5.5.5. Transporte	27
5.5.6. Distribution	28
5.5.7. Verpackung.....	30

5.5.8. Waschen und Trocknen.....	32
5.5.9. Entsorgung	34
5.5.10. Nicht erfasste Effekte.....	36
5.6. Wirkungsabschätzung.....	36
5.7. Berechnungsmethode.....	37
6. Ergebnisse	37
6.1. Treibhauspotential (GWP).....	38
6.2. Kumulierter Energieaufwand (KEA).....	40
6.3. Wassernutzung.....	41
7. Diskussion	43
7.1. Diskussion der Ergebnisse.....	43
7.1.1. Ergebnisse der Berechnung mit „Umberto LCA+“	45
7.2. Sensitivitätsanalyse.....	46
7.2.1. Anzahl der Waschzyklen (der gekauften T-Shirts).....	46
7.2.2. Trocknungsrate.....	48
7.2.3. PKW-Strecke	50
7.3. Kritische Betrachtung	51
7.3.1. Funktion und funktionelle Einheit	52
7.3.2. Nutzer*innendaten und Kleidungsbedarf.....	52
7.3.3. Weitere Annahmen.....	53
7.3.4. Wirkungsabschätzung.....	55
7.4. Schlussfolgerungen.....	55
8. Fazit	57
9. Literaturverzeichnis.....	59
10. Eidesstattliche Erklärung.....	63
Anhang A: Übersicht der getroffenen Annahmen	IX
Anhang B: Berechnungen zu Annahmen.....	XIII
Anhang C: Baumwoll-T-Shirt – Literaturdaten	XVI
Anhang D: Transporte, Nutzung, Verpackung – Literaturdaten	XXIV
Anhang E: Modelle in „Umberto LCA+“	XXIX
Anhang F: Auszug relevanter Umfrageergebnisse	XXXI
Anhang G: Überprüfung der Einkaufskäufe – R-Script.....	XLII

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phasen einer Ökobilanz.....	5
Abbildung 2: Haupttypen und Subtypen von PSS.	12
Abbildung 3: Die Typologie der CFC.....	14
Abbildung 4: Systemmodell: Lineares Modell.	21
Abbildung 5: Systemmodell: Kreislauf-Modell.....	22
Abbildung 6: Kleidungsbezug der Kund*innen von „Stay Awhile“.	24
Abbildung 7: Entsorgung von Kleidung der „Stay Awhile“ Nutzer*innen nach verschiedenen Optionen.	34
Abbildung 8: Weiterverwendung von gespendeten bzw. durch die Altkleidersammlung gesammelten Kleidungsstücken nach verschiedenen Optionen.....	35
Abbildung 9: Treibhauspotential nach Lebenswegphasen für das lineare Modell und das Kreislauf-Modell.....	39
Abbildung 10: Anteile der Lebenswegphasen am gesamten Treibhauspotential	39
Abbildung 11: Kumulierter Energieaufwand nach Lebenswegphasen für das lineare Modell und das Kreislauf-Modell.....	40
Abbildung 12: Anteile der einzelnen Lebenswegphasen am kumulierten Energieaufwand....	41
Abbildung 13 Wassernutzung nach Lebenswegphasen für das lineare Modell und das Kreislauf-Modell.....	42
Abbildung 14: Anteile der einzelnen Lebenswegphasen an der Wassernutzung.....	42
Abbildung 15: GWP für das lineare Modell (LM) und das Kreislauf-Modell (KM) für verschiedene Fälle des Waschens.....	47
Abbildung 16: KEA für das lineare Modell (LM) und das Kreislauf-Modell (KM) für verschiedene Fälle des Waschens.....	47
Abbildung 17: Wassernutzung für das lineare Modell (LM) und das Kreislauf-Modell (KM) für verschiedene Fälle des Waschens.....	48
Abbildung 18: GWP des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der Trocknernutzung.	49
Abbildung 19: KEA des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der Trocknernutzung.	49
Abbildung 20: Wassernutzung des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der Trocknernutzung.....	50
Abbildung 21: GWP des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der PKW-Strecke.....	50
Abbildung 22: KEA des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der PKW-Strecke.....	51
Abbildung 23: Wassernutzung des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der PKW-Strecke.....	51
Abbildung 24: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwollanbau für das GWP.XX	

Abbildung 25: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwollanbau für den KEA.	XX
Abbildung 26: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwollfaden/Spinnen für das GWP.	XXI
Abbildung 27: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwollfaden/Spinnen für den KEA.	XXI
Abbildung 28: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwoll-Stoff/Wirken & Färben für das GWP	XXII
Abbildung 29:Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwoll-Stoff/Wirken & Färben für den KEA	XXII
Abbildung 30:Grafische Darstellung der Literaturübersicht fertiges T-Shirt/Schneiden & Nähen für das GWP	XXIII
Abbildung 31:Grafische Darstellung der Literaturübersicht fertiges T-Shirt/Schneiden & Nähen für den KEA	XXIII
Abbildung 32: Lineares Modell modelliert in "Umberto LCA+"	XXIX
Abbildung 33: Kreislauf-Modell modelliert in "Umberto LCA+"	XXX
Abbildung 34: Verteilung monatliches Einkommen in der gesamten Stichprobe	XXXII
Abbildung 35: Verteilung monatliches Einkommen der "Stay Awhile" Mitglieder und pausierte Mitgliedschaften	XXXII
Abbildung 36: Umfrageergebnisse Q19 - Tragehäufigkeit Leihbekleidung dargestellt als Kreisdiagramm	XXXIX
Abbildung 37: R-Script zur Überprüfung der Kleidungskäufe	XLII

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kleidungsbedarf in kg T-Shirts in 15 Monaten im linearen Modell und im Kreislauf-Modell.	25
Tabelle 2: Transportstationen, Transportmittel, Distanzen und Datenquellen der Transportphase.	27
Tabelle 3: Transportstationen, Transportmittel, Distanzen und Datenquellen der Hin- und Rückdistribution	30
Tabelle 4: Verpackungsart mit Maßen, Gewicht und Datenquellen	32
Tabelle 5: Ergebnisse der Berechnungen in Summe (Total) und nach Lebenswegphasen für die drei untersuchten Wirkungskategorien (GWP, KEA, Wassernutzung) jeweils im linearen Modell und Kreislauf-Modell.....	38
Tabelle 6: Übersicht - Kleidungsbedarf in kg T-Shirts in 15 Monaten für das lineare Modell und Kreislauf-Modell	IX
Tabelle 7: Übersicht – Distanzen der Internationalen Transporte.....	IX
Tabelle 8: Übersicht- Distanzen bei der Distribution.....	X
Tabelle 9: Übersicht - Distribuierte Mengen und Retouren	X
Tabelle 10: Übersicht - Gewicht der Verpackungen	XI
Tabelle 11: Übersicht - Bedarf an Verpackungen	XI
Tabelle 12: Normierte Literaturdaten für die Prozesse der Produktion eines T-Shirts.....	XVII
Tabelle 13: Normierte Literaturdaten für Transporte, Waschen/Trocknen, Verpackung ...	XXV
Tabelle 14: Umfrageergebnisse Q6 - Geld das monatlich zur Verfügung steht	XXXI
Tabelle 15: Umfrageergebnisse Q9 - Einkaufsverhalten (aktuell).....	XXXIII
Tabelle 16: Umfrageergebnisse Q10 - Kleidungsausgaben	XXXIV
Tabelle 17: Umfrageergebnisse Q11 - Anzahl Kleidungsstücke kaufen	XXXV
Tabelle 18: Umfrageergebnisse Q13 - Preissegment	XXXVI
Tabelle 19: Umfrageergebnisse Q14 - Einkaufsverhalten vor Leihmodell.....	XXXVII
Tabelle 20: Umfrageergebnisse Q17 - Waschhäufigkeit	XXXVIII
Tabelle 21: Umfrageergebnisse Q19 - Tragehäufigkeit Leihbekleidung	XXXIX
Tabelle 22: Umfrageergebnisse Q20 - Entsorgung von Kleidung	XL
Tabelle 23: Umfrageergebnisse Q21 - Tragehäufigkeit Leih- vs. Besitzkleidung.....	XLI

Liste der Abkürzungen

B2C – Business-to-Consumer

CE – Circular economy; Kreislauf-Wirtschaft

CFC – Collaborative Fashion Consumption

FE – Funktionelle Einheit

GWP – Global warming potential; Treibhauspotential

KEA – Kumulierter Energieaufwand

LCA – Life cycle assessment; Ökobilanz

P2P – Peer-to-Peer

PSS – Product-service-systems; Produkt-Dienstleistungs-Systeme

1. Einleitung

Kleidung begleitet den Menschen schon seit sehr langer Zeit. Auch wenn Kleidung früher einmal zum Schutz vor Umwelteinflüssen wie Kälte oder Sonnenlicht diente, so ist sie heutzutage weit mehr als das. Sie ist ein Konsumgut geworden, das soziale und emotionale Funktionen erfüllt und sich mit dem Puls der Zeit stetig verändert (Ellen MacArthur Foundation, 2017; Roach-Higgins & Eicher, 1992).

Doch die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse durch Kleidung ist nicht ohne Folgen. Die Textilindustrie zählt zu den größten Umweltsündern dieses Planeten (Claudio, 2007; Ellen MacArthur Foundation, 2017). So wurden durch den Kleidungskonsum in der Europäischen Union (EU) im Jahr 2015 Treibhausgase in Höhe von 195 Mio. t Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten (CO₂e) ausgestoßen, für Deutschland allein waren es über 28 Mio. t CO₂e (WRAP, 2017). Die benötigte Wassermenge für den Kleidungskonsum in der EU in 2015 beläuft sich auf über 46 Mio. m³ (WRAP, 2017). Dazu kommt, dass das Wasser oft in wasserarmen Gegenden verbraucht wird (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Generell findet der Konsum von Kleidung eher in Industrienationen statt, während die Herstellung und die damit verbundenen Umweltlasten in Entwicklungs- oder Schwellenländern entstehen (Bick et al., 2018). Auch soziale und gesundheitliche Folgen, bspw. durch geringe Löhne und schlechte Arbeitsbedingungen, werden durch die Kleidungsproduktion verursacht (Bick et al., 2018; Claudio, 2007; Ellen MacArthur Foundation, 2017; Remy et al., 2016).

Hinzu kommt, dass die Bekleidungsindustrie immer weiter wächst und der Druck auf die Hersteller steigt (Claudio, 2007; Ellen MacArthur Foundation, 2017; M. Lehmann et al., 2019). Angetrieben durch den steigenden Kleidungskonsum hat sich die Produktion in den Jahren 2000 bis 2014 verdoppelt (Remy et al., 2016). WRAP (2017) berechnet für das Jahr 2015 eine durchschnittliche Konsummenge von über 13 kg Kleidung pro Kopf und Jahr in Deutschland. Günstige Preise und schnelle, regelmäßige Trendwechsel charakterisieren das Phänomen Fast-Fashion, das zu einem großen Teil für den steigenden Kleidungskonsum verantwortlich ist (Bick et al., 2018). Die preiswerte und niedrigwertige Kleidung wird dann ebenso schnell wieder entsorgt, wie sie gekauft wurde, oft nach nur sieben bis achtmaligem Tragen (Claudio, 2007; Remy et al., 2016). Das sorgt für eine massive Unternutzung der Kleidung. Wahnbaeck et al. (2015) berichten, dass ca. 18 Kleidungsstücke eines* einer 18-69-jährigen Deutschen (so gut wie) nie getragen werden. Das sind in Summe etwa 1 Mrd. Kleidungsstücke in Deutschland, die kaum oder gar nicht genutzt werden. Hinzu kommt, dass ein Großteil der Befragten

Kleidung aussortiert, wenn sie ihnen nicht mehr gefällt (64%) oder wenn sie aus der Mode gekommen ist (40%) (Wahnbaeck et al., 2015). Es besteht also die Notwendigkeit, Lösungen für den hohen Konsum und die geringe Nutzungsintensität von Kleidung zu finden (Ellen MacArthur Foundation, 2017; WRAP, 2013, 2017)

Die Ellen MacArthur Foundation (2017) merkt an, dass es keine Pauschallösung für diese Problematik gibt. Jedoch gibt es viele Möglichkeiten, die zur Lösung der Problematik beitragen können. Unter anderem sind das innovative Kreislauf-Geschäftsmodelle, wie bspw. das Leihen von Kleidung. Leihen hat das Potential, durch das Teilen von Produkten und durch eine intensivere, längere Nutzung die Umweltlasten zu reduzieren, insbesondere wenn ein Großteil der Lasten in der Herstellungsphase entsteht und der Bedarf am Produkt sinkt (Iran & Schrader, 2017; Tukker, 2004). Bisher sind wenige quantitative Daten vorhanden, die zeigen, ob solche Geschäftsmodelle in der Bekleidungsindustrie tatsächlich die Umweltlasten reduzieren und zur Ressourcenschonung beitragen können.

Deshalb ist es das Ziel dieser Arbeit, die Umweltwirkungen eines solchen Kreislauf-Geschäftsmodells zu untersuchen. Anhand eines Praxispartners wird das Leihen von Kleidung, nach dem Prinzip eines monatlichen Abonnements, ökologisch betrachtet. Die Umweltwirkungen werden quantifiziert und mit den Umweltwirkungen eines konventionellen, linearen Geschäftsmodells verglichen. Für ein T-Shirt aus Baumwolle soll festgestellt werden, ob das Leihen von Kleidung ökologisch vorteilhaft ist.

Dafür wird die Methodik einer Ökobilanz (engl.: life cycle assessment, kurz: LCA) nach DIN EN ISO 14040 (2021) angewandt. Die Ökobilanz ist eine bewährte Methode, um die Umweltwirkungen eines Produkts oder Systems abzuschätzen. Dafür werden alle Stoffströme (In- und Outputs) entlang des gesamten Lebenswegs erfasst und in Wirkungskategorien zusammengefasst, um übersichtliche Ergebnisse zu erhalten. Mithilfe einer Ökobilanz können bspw. die umweltschädlichsten Lebensphasen eines Produkts identifiziert werden und/oder verschiedene Produkte und Systeme verglichen werden. So gibt es Anhaltspunkte für nachhaltige Entscheidungen, die auch mit dieser Arbeit geliefert werden sollen.

Diese Arbeit findet im Rahmen des Forschungsprojekts „Wear2Share“ am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung statt. Das Projekt „Wear2Share“ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. In diesem Projekt werden die Nachhaltigkeitspotentiale von Kreislaufmodellen in der Bekleidungsindustrie erforscht. Dabei hat das Projekt drei Facetten: Erstens, eine betriebswirtschaftliche Analyse, um die ökonomische Nachhaltigkeit zu untersuchen. Zweitens, eine konsumentenpsychologische

Untersuchung, für die eine quantitative Datenerhebung unter Nutzer*innen und Nicht-Nutzer*innen durchgeführt wurde, u. a. um das Verbreitungspotential solcher Kreislaufmodelle in der Bevölkerung zu ermitteln. Drittens, eine ökobilanzielle Betrachtung, zu der diese Arbeit beiträgt.

Das Projekt erfolgt in Kooperation mit den Praxispartnern „Stay Awhile“ und „kilenda“, die jeweils ein Kreislaufgeschäftsmodell umgesetzt haben und der „relenda GmbH“ angehören. Bei diesem Unternehmen kann Damenbekleidung („Stay Awhile“) bzw. Kinderbekleidung („kilenda“) für einen bestimmten Zeitraum geliehen werden¹. In der vorliegenden Arbeit findet die ökobilanzielle Betrachtung des Geschäftsmodells von „Stay Awhile“ statt.

Diese Arbeit gibt zuerst einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand hinsichtlich Ökobilanzen für Bekleidung, insbesondere für Baumwoll-Produkte. Nachfolgend wird das Konzept der „Kreislauf-Wirtschaft“, verwandte Konzepte und deren Nachhaltigkeitspotential erläutert sowie das Geschäftsmodell des Praxispartners vorgestellt. Zum Ende des aktuellen Forschungsstands wird das Ziel dieser Arbeit ausformuliert und anschließend die Methodik ausführlich beschrieben. In Kapitel 6 werden die quantitativen Ergebnisse der Ökobilanz dargestellt. Abschließend werden in der Diskussion die Ergebnisse interpretiert, kritisch betrachtet und Schlussfolgerungen gezogen.

¹ Die „relenda GmbH“ ist zum Zeitpunkt des Schreibens dieser Arbeit insolvent. Alle Daten wurden vor dem Konkurs erhoben.

2. Ökobilanzen im Kontext von Kleidung

Was aus ökobilanzieller Sicht bereits über Bekleidung bekannt ist, wird in diesem Abschnitt erläutert. Der Fokus liegt entsprechend dieser Arbeit auf Bekleidung aus Baumwolle. Zu Beginn werden zum besseren Verständnis die wichtigsten Begriffe im Kontext einer Ökobilanz erläutert.

2.1. Die Methode der Ökobilanz

Wie schon angesprochen, ist die Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 (2021) eine Methode, um die Umweltwirkungen eines Produkts oder Systems abzuschätzen. Eine Ökobilanz beginnt mit einem Ziel und einem Untersuchungsrahmen, die das untersuchte System oder Produkt und die Rahmenbedingungen (z. B. die Systemgrenzen) festlegen. Entsprechend dieses Untersuchungsrahmens werden dann in einem zweiten Schritt relevante Daten gesammelt und alle Input- und Outputflüsse des Systems² zusammengestellt. Dies wird als Sachbilanzphase bezeichnet. In der nachfolgenden Phase der Wirkungsabschätzung werden die Sachbilanzergebnisse dann Wirkungskategorien zugeordnet. Eine Wirkungskategorie ist eine „Klasse, die wichtige Umweltthemen repräsentiert [...]“ (DIN EN ISO, 2021, S.14). Ihr werden alle Stoffflüsse (Inputs und Outputs) zugeordnet, die mit dem jeweiligen Umweltthema verbunden sind. Zum Beispiel werden dem Treibhauspotential (engl.: global warming potential, kurz: GWP) alle Emissionen von Treibhausgasen (bspw. Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas) mit ihrem jeweiligen GWP-Faktor zugeordnet. Abschließend werden alle Phasen gemeinsam betrachtet, um in der Auswertungsphase Schlussfolgerungen über die Umweltwirkungen zu ziehen und bspw. besonders umweltschädliche Prozesse aufzudecken. Die vier Phasen der Ökobilanz und deren Anwendungen sind in *Abbildung 1* dargestellt. Es kann vorkommen, dass aufgrund von unerwarteten Problemen im Verlauf der Durchführung frühere Festlegungen revidiert und überarbeitet werden müssen. Ein Ökobilanz folgt also einem iterativen Ansatz.

Eine wichtige Eigenschaft ist außerdem der relative Ansatz einer Ökobilanz. Als Bezug für die Stoffflüsse und somit auch für die Umweltwirkungen dient eine funktionelle Einheit (FE). Das kann bspw. eine bestimmte Output-Menge eines Produkts (z. B. ein Auto) oder die quantifizierte Funktion eines Systems (z. B. 100 km Auto fahren) sein. Anhand der FE können die Ergebnisse von Ökobilanzen in Beziehung gesetzt und verglichen werden. So soll letztendlich eine Grundlage für nachhaltige Entwicklungen geschaffen werden.

² Ein System ist bspw. auch der modellierte Lebensweg eines Produktes.

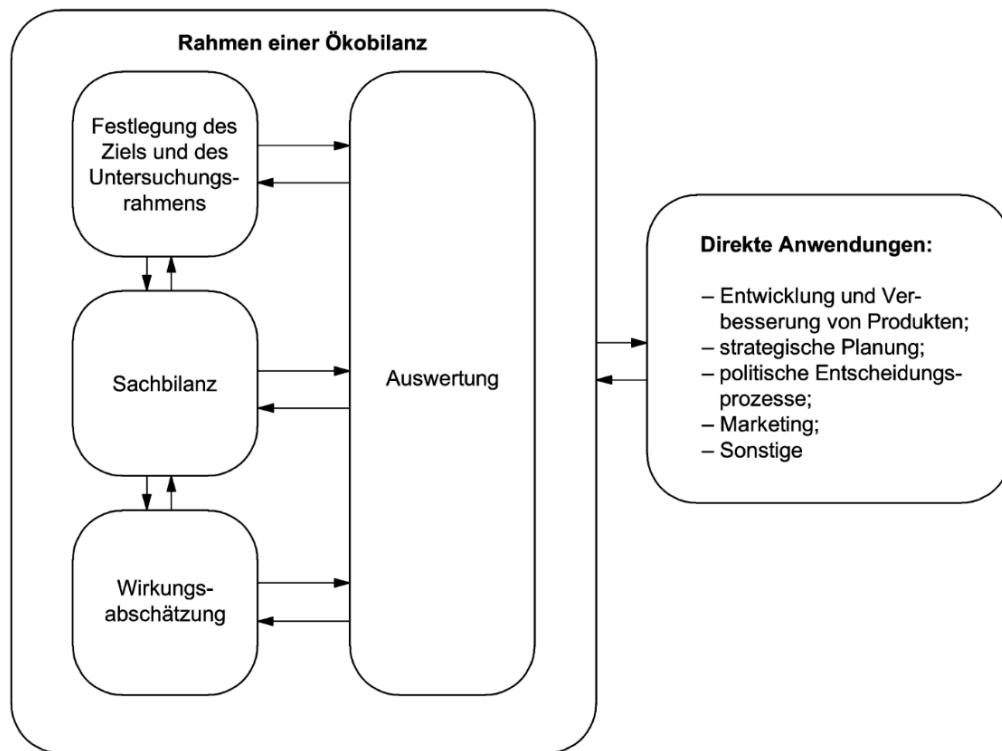


Abbildung 1: Phasen einer Ökobilanz. Quelle: DIN EN ISO (2021, S.17)

2.2. Überblick über Ökobilanzen im Kontext von Kleidung

Die Mehrheit der analysierten Studien stellt fest, dass der größte Teil der Umweltlasten auf dem Lebensweg eines Kleidungsstücks in der Produktionsphase durch den Baumwollanbau und die Herstellung entsteht (Cotton Inc., 2016; Kazan et al., 2020; A. Lehmann et al., 2019; Ludmann, 2018; Systain Consulting GmbH, 2009; WRAP, 2017). Einige Studien sehen die größten Umweltlasten in der Nutzungsphase (Piontek & Müller, 2018; Steinberger et al., 2009). Macht die Nutzungsphase nicht den größten Anteil aus, so folgt sie meist direkt auf die Produktionsphase, während Transporte und die Entsorgung nur einen kleinen Anteil ausmachen (Cotton Inc., 2016; A. Lehmann et al., 2019; Systain Consulting GmbH, 2009; van der Velden et al., 2014; Zhang et al., 2015). Die Ergebnisse variieren je nach betrachteter Wirkungskategorie, auch wenn die meisten Umweltlasten tendenziell in der Produktionsphase entstehen. A. Lehmann et al. (2019) berichten bspw. von einem höheren Treibhauspotential und Wasserverbrauch in der Nutzungsphase, während die sonstigen, untersuchten Wirkungskategorien (z. B. Eutrophierungspotential, Versauerungspotential) in der Produktionsphase deutlich höher liegen. Die am häufigsten untersuchten Wirkungskategorien sind bei LCAs in der Textilindustrie das Treibhauspotential, der Energieverbrauch und der Wasserverbrauch (Piontek & Müller, 2018).

Generell sind die Ergebnisse einer Ökobilanz stark von der Methodik, der Datengrundlage und den Annahmen der Autoren abhängig (Piontek & Müller, 2018). Viele Faktoren beeinflussen die Berechnungen, wie bspw. die Größe des untersuchten Kleidungsstücks, da mehr oder weniger Material benötigt wird (Systain Consulting GmbH, 2009). Manche Effekte können auch gar nicht oder nur grob erfasst werden, wenn z. B. keine Daten vorliegen. Im Folgenden wird auf Faktoren eingegangen, die die Umweltlasten eines Kleidungsstücks während der verschiedenen Lebensphasen beeinflussen können. Es werden vor allem das Treibhauspotential, der Energieverbrauch und die Wassernutzung betrachtet.

2.3. Die Produktionsphase

Die Zusammenstellung der Literatur zeigt, dass bemerkenswerte Unterschiede zwischen den Studien existieren (siehe Anhang C). Je nach angewandten Praktiken und Region variieren die Herstellungslasten. Die Umweltlasten fallen in den Produktionsregionen an, obwohl der Konsum der Kleidung meist weit entfernt in westlichen Ländern erfolgt (Ludmann, 2018; Steinberger et al., 2009).

2.3.1. Baumwollanbau

Beim Baumwollanbau entstehen nach Zhang et al. (2015) die meisten Umweltlasten durch Bewässerung, die eingesetzten Dünger und Pestizide. Ökotoxizität, Eutrophierung, Versauerung und ein hoher Bedarf an Wasser sind die Hauptwirkungen (Cotton Inc., 2016; Zhang et al., 2015). Fast 80% des Wassers auf dem Lebensweg eines Baumwoll-T-Shirts wird nur beim Baumwollanbau benötigt (Zhang et al., 2015). Je nach Anbauregion gibt es sehr große Unterschiede beim Wasserverbrauch (Cotton Inc., 2016; Piontek & Müller, 2018), sodass für ein Kilogramm Baumwolle bis zu 10.000 Liter Wasser benötigt werden kann (Cherret et al., 2005).

Die Methode der Bewässerung hat einen entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch und so auch auf das Treibhauspotential. Während für Oberflächenbewässerung, bspw. durch einen nahegelegenen Fluss, so gut wie keine Energie benötigt wird (Kazan et al., 2020), so kann die Wassergewinnung durch Grundwasserpumpen für den größten Energieverbrauch beim Baumwollanbau verantwortlich sein (Steinberger et al., 2009). Klima und Bodenart wiederum beeinflussen die Bewässerung und zusätzlich die Düngung und das Pflügen (Cotton Inc., 2016). Nach Cotton Inc. (2016) wird die meiste Energie im Baumwollanbau für Düngemittel und deren Herstellung benötigt. Daraus resultiert ein hohes Treibhauspotential, zum Einen durch die Bereitstellung der Energie, zum Anderen weil der ausgebrachte Dünger im Boden zu Lachgas (N₂O) umgewandelt wird (Cotton Inc., 2016; Kazan et al., 2020; Systain Consulting GmbH,

2009). Der Einsatz fossiler Brennstoffe zum Betrieb von Maschinen erzeugt hohe CO₂-Emissionen, vor allem in den USA, wo der Baumwollanbau meist hoch mechanisiert und automatisiert ist (Systain Consulting GmbH, 2009).

Dem Treibhauspotential zu Gute kommt das Einspeichern von CO₂ in die Baumwollpflanze. Cotton Inc. (2016) berichtet dadurch sogar von einem negativen Treibhauspotential, jedoch ist die Berechnung der eingespeicherten Menge mit großen Unsicherheiten verbunden (Systain Consulting GmbH, 2009).

Eine Alternative zur traditionell angebauten Baumwolle ist organische Baumwolle, die bspw. ohne Dünger und Pestizide auskommt. Organische Baumwolle hat ein deutlich geringeres Treibhauspotential (La Rosa & Grammatikos, 2019) und kann es sogar um 58% verringern (Kazan et al., 2020). Van der Velden et al. (2014) fanden, dass im Vergleich mit anderen Rohstoffen (z. B. Nylon, Akryl) ein Textil aus Baumwolle die schlechteste Umweltperformance hat. Das Recycling von Baumwolltextilien reduziert die Umweltlasten, vor allem weil der Baumwollanbau wegfällt (Liu et al., 2020).

Abschließend lässt sich festhalten, dass es schwierig ist, genaue und allgemeingültige Zahlen für den Baumwollanbau zu ermitteln (Cotton Inc., 2016). Einflussgrößen wie Klima, Bodenart und landwirtschaftliche Praktiken des Anbaus sorgen für große regionale Unterschiede.

2.3.2. Textilproduktion

Die Herstellung eines gewöhnlichen Kleidungsstücks umfasst verschiedene Spinnprozesse zu einem verarbeitungsfertigen Garn sowie das Wirken³ oder Weben zu einem Stoff, der dann gebleicht, gefärbt und durch weitere Bearbeitungsprozesse fertiggestellt wird. Zuletzt folgt die Konfektion, also das Schneiden und Nähen zum fertigen Kleidungsstück.

In der Herstellung eines Kleidungsstücks entstehen die größten Umweltlasten durch den Energieverbrauch der Maschinen und durch den Einsatz von Chemikalien (Cotton Inc., 2016; A. Lehmann et al., 2019; Zhang et al., 2015). Der Energieverbrauch ist eng mit dem Treibhauspotential verbunden, da für die Bereitstellung der Energie in den Produktionsländern häufig fossile Energieträger eingesetzt werden (Systain Consulting GmbH, 2009). In Indien bspw. sind tägliche Stromausfälle üblich, weswegen die Fabriken auf Generatoren zurückgreifen müssen, die mit Diesel oder Erdgas betrieben werden (Steinberger et al., 2009). Nach Steinberger et al., (2009) hat die Art und Weise, wie die benötigte Energie gewonnen wird, einen sehr großen Einfluss auf die Emissionen. Auch Piontek & Müller (2018) berichten

³ Wirken ist eine Technik zum Herstellen eines flächenförmigen Stoffs aus Garn, ähnlich dem Stricken.

von großen Unterschieden aufgrund des Elektrizitätsmixes und der angewandten Produktionspraktiken. Deshalb lässt sich nicht klar sagen, welcher Prozess in der Herstellung für die größten Umweltlasten verantwortlich ist, da sich die Ergebnisse je nach Quelle unterscheiden (Cotton Inc., 2016; Kazan et al., 2020; van der Velden et al., 2014; Zhang et al., 2015) (siehe Anhang C).

Allerdings ist ein hoher Energieverbrauch und damit ein großes Treibhauspotential beim Prozess des Spinnens zu erwarten (Cotton Inc., 2016; Systain Consulting GmbH, 2009). Van der Velden et al. (2014) fanden, dass die Fadendicke die Umweltlasten beim Spinnen und Weben maßgeblich beeinflusst. Außerdem fanden van der Velden et al. (2014), dass das Wirken von Garn ökologisch besser ist als das Weben.

Daneben wird das Färben als umweltschädlicher Prozess identifiziert (Cotton Inc., 2016; Zhang et al., 2015). Es werden große Mengen an Wasser benötigt, die mithilfe von Energie erhitzt werden müssen (Kazan et al., 2020). Beim Bleichen, Färben und den damit verbundenen Prozessen werden viele Chemikalien eingesetzt. Ein großes Ökotoxizitätspotential birgt bspw. das Austreten von Schwermetallen (Zhang et al., 2015). Viele Farbstoffe (z. B. Azofarbstoffe), die bei der Anwendung giftige Substanzen freisetzen, sind zwar in Europa verboten, werden aber in Produktionsländern wie Indien oder China weiterhin verwendet (Steinberger et al., 2009). Dadurch macht es einen Unterschied, ob ein Kleidungsstück farbig oder weiß ist, da dann der Färbeprozess wegfällt (Systain Consulting GmbH, 2009).

Die Herstellung der Kleidung verbraucht große Mengen Energie, die für ein hohes Treibhauspotential verantwortlich sind, und setzt giftige Chemikalien vor allem bei den Färbeprozessen ein. Die genauen Umweltlasten können stark variieren, unter anderem durch die Art der Energiebereitstellung und die angewandten Praktiken (z. B. Wirken vs. Weben).

2.4. Die Transportphase

Die Transporte haben generell einen kleinen Anteil an den Umweltlasten von Kleidung (Cotton Inc., 2016; Steinberger et al., 2009; Systain Consulting GmbH, 2009; Zhang et al., 2015). Dabei ist anzumerken, dass große Strecken meist mit einem Containerschiff zurückgelegt werden, die aufgrund der enormen Transportmengen relativ gesehen nur geringe Umweltwirkungen verursachen. Ein Transport mit Flugzeug würde die Treibhausemissionen des Überseetransports mehr als verfünffach (Systain Consulting GmbH, 2009). Die Wahl des Transportmittels und die Distanzen sind logischerweise ein wichtiger Faktor der Umweltlasten und können stark variieren. Weitere Einflussfaktoren sind bspw. der Beladungsgrad der

Transportmittel oder veraltete Fahrzeuge in Produktionsländern (Systain Consulting GmbH, 2009).

Die Distribution vom Lager des Händlers bis zum Endkunden kann ein größeres Treibhauspotential als die internationalen Transporte nach Deutschland verursachen (Systain Consulting GmbH, 2009).

2.5. Die Nutzungsphase

Die Nutzungsphase macht einen großen Anteil der Umweltlasten aus und folgt meist direkt auf die Produktionsphase (bspw. A. Lehmann et al., 2019; Systain Consulting GmbH, 2009; WRAP, 2017). Die Nutzung eines Maschinentrockners ist für den größten Anteil des Treibhauspotentials verantwortlich, da die Maschinentrocknung sehr energieintensiv ist (Farrant et al., 2010; Steinberger et al., 2009). Doch auch die Nutzung der Waschmaschine kann den größten Anteil am Treibhauspotential ausmachen (A. Lehmann et al., 2019).

Piontek & Müller (2018) haben in einer Literaturanalyse große Unterschiede in der Nutzungsphase von Ökobilanzen für Kleidung festgestellt. Das Land der Nutzung und die Praktiken der Bewohner haben einen großen Einfluss auf die Umweltlasten. So berichten Zhang et al. (2015) in China von einem kleinen Anteil der Nutzungsphase am gesamten Energieverbrauch, da dort viel Handwäsche und keine Trocknernutzung üblich sind.

Die Nutzer*innen können die Umweltlasten der Nutzungsphase mit ihrem Verhalten gravierend beeinflussen. Die Waschkhäufigkeit und die Nutzung eines Maschinentrockners haben dabei sehr große Auswirkungen (A. Lehmann et al., 2019). Das Kleidungsstück selbst kann dabei die Waschkhäufigkeit beeinflussen, da bspw. eine Jacke seltener gewaschen wird als ein T-Shirt (Steinberger et al., 2009). Der Nutzungsgrad der Maschinentrocknung ist eine ausschlaggebende Variable (A. Lehmann et al., 2019; Steinberger et al., 2009; Systain Consulting GmbH, 2009). Wird der Maschinentrockner bei jedem Waschzyklus genutzt, erhöht sich das Treibhauspotential um mehr als das Doppelte im Vergleich zu keiner Trocknernutzung (A. Lehmann et al., 2019). Auch eine höhere Waschttemperatur treibt den Energieverbrauch und somit das Treibhauspotential nach oben (Systain Consulting GmbH, 2009).

Faktoren, die die Umweltlasten in geringem Maße beeinflussen, sind die Waschmaschinenbeladung, Waschmitteldosierung und das Effizienzrating der Waschmaschine. Bei einer höheren Beladung verteilen sich die Umweltlasten auf mehr Kleidungsstücke und sinken somit pro Kleidungsstück (A. Lehmann et al., 2019). Die

Umweltlasten sinken erwartungsgemäß mit geringerer Waschmittelmenge (A. Lehmann et al., 2019; Systain Consulting GmbH, 2009) und besserem Effizienzrating (Steinberger et al., 2009).

Es wird deutlich, dass die Nutzungsphase extrem vom individuellen Nutzer*innenverhalten abhängig ist. Deswegen sind repräsentative, empirische Daten über das Verhalten sehr wichtig, um die Umweltwirkungen der Nutzungsphase so exakt wie möglich ermitteln zu können.

2.6. Das Lebensende

Das Lebensende bzw. die Entsorgung trägt nur mit einem sehr kleinen Anteil zu den Umweltlasten bei (Cotton Inc., 2016; A. Lehmann et al., 2019; Zhang et al., 2015). Teilweise wird für die Entsorgung sogar eine Gutschrift erteilt, da Wärmeenergie bei der Müllverbrennung zurückgewonnen wird und Baumwolle eine erneuerbare Ressource ist (van der Velden et al., 2014). In der Regel wird das Lebensende prozentual auf verschiedene Optionen aufgeteilt, bspw. Müllverbrennung, Downcycling oder Weiterverwendung (Systain Consulting GmbH, 2009; van der Velden et al., 2014). Je nach Art des Lebensendes fallen die Umweltlasten unterschiedlich aus. Auf die Option der Weiterverwendung wird in Kapitel 3.4. noch genauer eingegangen.

Zusammengefasst: Die Literatur für Ökobilanzen in der Textilindustrie zeigt, dass die meisten Umweltlasten in der Produktions- und Nutzungsphase entstehen, dabei aber stark von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden (bspw. dem Klima, den landwirtschaftlichen Praktiken und dem Nutzer*innenverhalten). Möglichkeiten, wie die Umweltlasten verringert werden könnten, werden im nächsten Kapitel erläutert.

3. Kreislaufwirtschaft, verwandte Konzepte und deren Nachhaltigkeitspotential

In diesem Kapitel wird der Begriff der „Kreislaufwirtschaft“ (engl.: circular economy; kurz: CE), sowie die verwandten Konzepte „Produkt-Dienstleistungs-Systeme“ (engl.: product-service-systems, kurz: PSS) und „Collaborative Fashion Consumption“ (CFC) erläutert. Dabei wird auf das Potential zur Verringerung der Umweltlasten eingegangen. Anschließend wird vorgestellt, was über das Nachhaltigkeitspotential der genannten Konzepte in der Bekleidungsindustrie bekannt ist. Der Fokus liegt hierbei auf der Nutzung der Kleidung. Abschließend wird das Kreislauf-Geschäftsmodell des Praxispartners präsentiert.

3.1. Kreislaufwirtschaft (CE)

Die Kreislaufwirtschaft (CE) ist ein ökonomisches Konzept, das darauf abzielt, geschlossene Material- und Produktkreisläufe zu erschaffen (Morseletto, 2020). Das bedeutet, dass Materialien und Produkte, die bereits genutzt werden, weiterhin verwendet werden und dadurch so wenige Ressourcen wie möglich aus natürlichen Systemen entfernt werden (Ellen MacArthur Foundation, 2017; Morseletto, 2020). Abfälle und Umweltverschmutzung durch ökonomische Aktivitäten werden vermieden und natürliche Systeme werden regeneriert, nicht zuletzt durch die Nutzung erneuerbarer Ressourcen (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Geisendorf & Pietrulla (2018, S.779) definieren die CE wie folgt:

„In a circular economy, the value of products and materials is maintained, waste is avoided, and resources are kept within the economy when a product has reached the end of its life”.

Diese Prinzipien sollen von der Individualebene über eine Unternehmensebene bis hin zu einer globalen Ebene umgesetzt werden (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Dabei ist ein ganzheitlicher Ansatz notwendig, der mit einem vorausschauenden Design der Produkte beginnt, z. B. um eine lange Nutzungsdauer oder Recycling zu ermöglichen (Ellen MacArthur Foundation, 2017; Potting et al., 2017). Potting et al. (2017) schlagen verschiedene Strategien vor, um Produkte und Materialien länger in der Wertschöpfungskette zu erhalten und somit ein hohes Maß an Zirkularität zu gewährleisten. Diese Strategien beinhalten unter anderem das Umdenken bei Geschäftsmodellen, um die Produktnutzung zu intensivieren und die Lebensdauer zu verlängern, bspw. durch die Wiederverwendung von Produkten. Neuartige Geschäftsmodelle der CE haben laut Mont et al. (2019) ein großes Potential, zur Ressourcenschonung beizutragen.

Als eine Option zur Ermöglichung einer CE werden „Product-Service-Systems“ (PSS) und „Collaborative Fashion Consumption“ (CFC) gesehen (Mont et al., 2019). Diese Konzepte werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

3.2. Product-Service-Systems (PSS)

Ein PSS ist nach Goedkoop *„a marketable set of products and services capable of jointly fulfilling a user’s need”* (1999, S.18). Das bedeutet, dass nicht einfach nur ein Produkt verkauft wird, sondern ein Produkt gemeinsam mit einer Dienstleistung, wobei das Verhältnis zwischen Produkt und Dienstleistung variieren kann (Goedkoop, 1999; Tukker, 2004). Die Bedürfnisse der Nutzer*innen werden weniger durch das Produkt selbst befriedigt, sondern eher durch den Kauf der Funktion des Produkts (Mont et al., 2019).

Nach Tukker (2004) wird zwischen drei Haupttypen eines PSS unterschieden: Erstens, ein produktorientiertes PSS, bei dem das Produkt im Vordergrund steht, allerdings zusätzlich eine Dienstleistung angeboten wird. In der Kleidungsbranche ist ein Beispiel ein Änderungsservice beim Kauf ein Kleidungsstückes (Armstrong & Lang, 2014). Zweitens, ein nutzungsorientiertes PSS, bei dem das Produkt immer noch eine Schlüsselrolle spielt, die Eigentumsrechte allerdings nicht an die Kund*innen übergehen. „Carsharing“ ist ein populäres Beispiel für diesen Typ. Das Auto, also das Produkt, ist notwendig zur Erfüllung der Funktion (Mobilität), jedoch wird es nach der Nutzung wieder zurückgegeben und steht anderen Kund*innen zur Verfügung. Drittens, ein ergebnisorientiertes PSS, bei dem nicht das Produkt, sondern die Dienstleistung zur Erfüllung der Funktion das zentrale Element ist. Im Prinzip wird ein Ergebnis verkauft, ohne vorher ein Produkt festzulegen. Tukker (2004) nennt als Beispiel das Outsourcen der Büroreinigung. Der Bürobetreiber vereinbart mit einem Reinigungsservice das Ergebnis, in diesem Fall ein sauberes Büro. Die dafür genutzten Produkte sind dem Reinigungsservice freigestellt. In *Abbildung 2* sind die Haupttypen in Abhängigkeit ihres Verhältnisses zwischen Produkt und Dienstleistung dargestellt. Die Haupttypen werden in weitere Subtypen aufgeteilt, die *Abbildung 2* zu entnehmen sind. Für diese Arbeit ist der nutzungsorientierte Subtyp „4. Product renting/sharing“ relevant, der sich durch eine zeitlich begrenzte Nutzung eines Produkts bei Kund*innen auszeichnet, während die Eigentumsrechte beim Anbieter bleiben (Tukker, 2004).

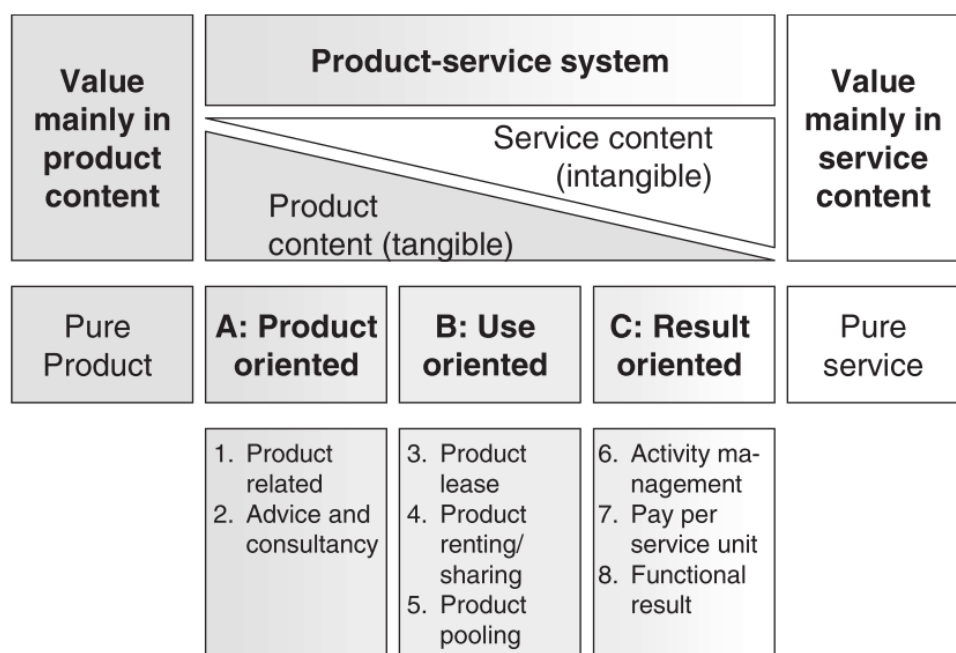


Abbildung 2: Haupttypen und Subtypen von PSS in Abhängigkeit des Verhältnisses zwischen Produkt und Dienstleistung. Quelle: Tukker (2004, S. 248)

Die bisherige Forschung zeigt, dass PSS ein großes Potential haben, zur Ressourcenschonung beizutragen und somit ökologische Vorteile mit sich zu bringen (Armstrong & Lang, 2014; Goedkoop, 1999; Mont et al., 2019; Tukker, 2004, 2015). Ein grundlegender Mechanismus ist dabei die Trennung von Wert und Materialverbrauch (Armstrong & Lang, 2014). Das gilt vor allem für nutzungs- und ergebnisorientierte PSS, da die Bedürfnisbefriedigung der Kund*innen nicht mit zunehmender Anzahl an Produkten steigt. Der Subtyp „4. Product renting/sharing“ kann im Vergleich zu traditionellen Geschäftsmodellen sowohl die Produktnutzung intensivieren als auch die Produktlebensdauer verlängern. Das kann zu einer erheblichen Verringerung der Umweltlasten führen, besonders wenn ein Großteil der Umweltwirkungen in der Produktionsphase entsteht (Tukker, 2004, 2015). Zusätzlich kann das Mieten den Anreiz schaffen, Produkte direkt langlebiger zu designen (Iran & Schrader, 2017). Lindahl et al. (2014) liefern quantitative Daten, die bestätigen, dass nutzungs- und ergebnisorientierte PSS die Umweltwirkungen reduzieren können.

Bei produktorientierten PSS steht die Menge an Produkten immer noch in enger Verbindung mit der Bedürfnisbefriedigung, weswegen das ökologische Potential deutlich geringer eingeschätzt wird, auch wenn bspw. ein Reparaturservice die Produktlebensdauer verlängern kann (Tukker, 2004). Das zeigt, dass PSS nicht per se ökologisch vorteilhaft sind, sondern das stark von ihrer Konzeption abhängig ist. So können auch nutzungsorientierte PSS ressourcenintensiver sein, bspw. wenn durch die Bereitstellung des Produkts neue Umweltlasten entstehen (Zamani et al., 2017). Sandin & Peters (2018) betonen außerdem die Wichtigkeit der Menge an Produkten, die durch ein PSS ersetzt wird. Wird der Bedarf an Produkten nicht maßgeblich verringert, können die ökologischen Vorteile aufgehoben werden.

PSS sind also keine Pauschallösung für mehr Nachhaltigkeit, bergen aber ein hohes ökologisches Potential, wenn dieselbe Bedürfnisbefriedigung mit weniger Produkten erreicht werden kann, bspw. durch Teilen oder Leihen (Tukker, 2015).

3.3. Collaborative Fashion Consumption (CFC)

Ein weiteres Konzept, das Zirkularität speziell in der Bekleidungsindustrie ermöglichen soll, ist CFC. Nach Iran & Schrader umfasst CFC *„fashion consumption in which consumers, instead of buying new fashion products, have access to already existing garments [...]“* (2017, S. 6). Dabei können Nutzer*innen die Kleidungsstücke entweder auf alternativen Wegen erwerben (bspw. Second-Hand, Tauschen) oder ausschließlich zur Nutzung darauf zugreifen (bspw. Teilen, Leihen, Mieten) (Iran & Schrader, 2017).

Iran & Schrader (2017) liefern eine systematische Kategorisierung der unterschiedlichen Konsummöglichkeiten, die in *Abbildung 3* dargestellt ist. Zuerst erfolgt eine Unterteilung in zwei Typen. Beim Typ P2P (Peer-to-Peer) findet die Interaktion zwischen zwei Konsument*innen statt. Diese kann zwischen zwei Personen direkt organisiert werden (z. B. mit Freunden oder Familie), aber auch durch ein Unternehmen, wie bspw. eine Online-Vermittlungs-Plattform. Beim Typ B2C (Business-to-Consumer) findet die Interaktion zwischen Unternehmen und Konsument*innen direkt statt.

Abhängig von der Art der Ausgleichsleistung (keine, nicht-monetär, monetär) für die Teilnahme am Angebot bzw. für den Erwerb der Kleidung, unterscheiden die Autoren in weitere Subtypen. Manche dieser Subtypen treten auf verschiedene Art und Weise auf. Der Erwerb von Second-Hand Kleidung kann bspw. zwischen zwei Konsument*innen erfolgen und dabei entweder privat organisiert sein (z. B. Flohmarkt) oder über ein Unternehmen (z. B. die Onlineplattform „Vinted“⁴). Allerdings kann der Erwerb auch bspw. in einem Second-Hand-Laden erfolgen und wäre somit dem Typ B2C zuzuordnen.

Der in dieser Arbeit relevante Subtyp ist das „B2C-Renting“. Er lässt sich dem PSS-Subtyp „Product renting/sharing“ zuordnen.

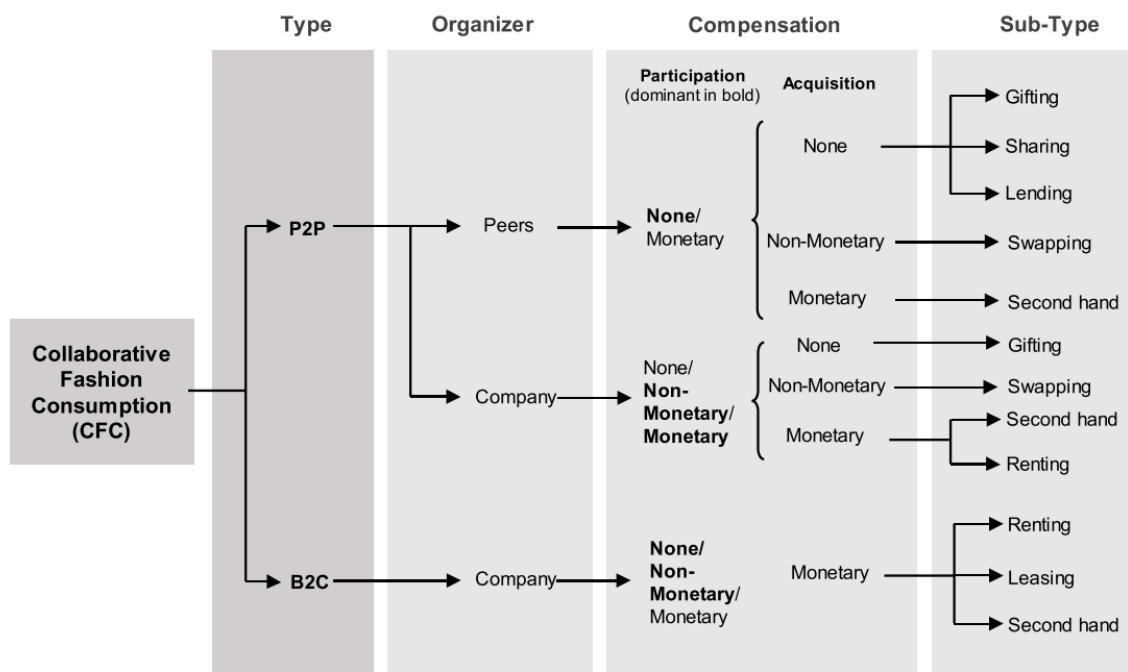


Abbildung 3: Die Typologie der CFC. Es sind die Haupttypen und Subtypen in Abhängigkeit des Organisators und der Kompensation dargestellt. Quelle: Iran & Schrader (2017, S.7)

⁴ „Vinted“ (früher „Kleiderkreisel“) ist eine Online-Plattform, die es Benutzern ermöglicht, Artikel (insbesondere gebrauchte Kleidung) auszutauschen, zu kaufen oder zu verkaufen.

Das Nachhaltigkeitspotential des CFC ist recht ähnlich zu dem der PSSs und basiert vor allem auf einer Nutzungsintensivierung und Lebensdauerverlängerung, wodurch der Kauf neuer Kleidungsstücke vermieden werden kann (Iran & Schrader, 2017; Mont et al., 2019). Jedoch auch hier gilt: Nur wenn neue Kleidungsstücke substituiert werden, besteht eine Chance, zur Ressourcenschonung beizutragen (Iran & Schrader, 2017; Sandin & Peters, 2018).

3.4. Ökobilanzen von PSS und CFC in der Bekleidungsindustrie

In diesem Abschnitt wird erläutert, was über die Umweltwirkungen der vorgestellten Konzepte explizit in der Bekleidungsindustrie bekannt ist.

Wie schon erwähnt können Umweltlasten reduziert werden, wenn Produkte länger und intensiver genutzt wird, insbesondere wenn ein Großteil der Umweltlasten in der Produktionsphase entsteht (Tukker, 2004, 2015). Wie in Kapitel 2. gezeigt, entsteht ein Großteil der Umweltlasten von Kleidung in der Produktionsphase, weshalb eine Nutzenintensivierung vielversprechend ist.

Eine Möglichkeit zur Nutzungsintensivierung und Lebensdauerverlängerung ist die Wiederverwendung von Kleidung. Farrant et al. (2010) untersuchten ökobilanziell die Wiederverwendung von Kleidung, die nach ihrer Entsorgung gesammelt wurde. Sie konnten zeigen, dass die Wiederverwendung (Second-Hand) eines Baumwoll-T-Shirts zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 14% führt. Die Sammlung, die Verarbeitung und die Transporte hatten keine signifikanten Umweltlasten im Vergleich zu den Einsparungen durch den Ersatz neuer Kleidung.

Ludmann (2018) erforschte das Potential eines P2P-Second-Hand Angebots für Kleidung. Es zeigt sich, dass ein Großteil der Umweltlasten in der Herstellungsphase der Kleidung entsteht. Durch die Nutzung der Online-Plattform „Kleiderkreisel“⁵ kann eine Einsparung von 47% des Treibhauspotentials erreicht werden, im Vergleich zu dem Szenario, wenn ausschließlich Neukäufe getätigt werden. Interessant ist auch, dass durchschnittliche Nutzer*innen der Plattform mehr Kleidung konsumieren als vor Nutzung der Plattform⁶. Zwar wurde auch vor Nutzung der Plattform von durchschnittlichen Nutzer*innen Gebrauchtware gekauft, allerdings steigt der Anteil an Gebrauchtware bei Nutzung von „Kleiderkreisel“. So verringern sich die Umweltlasten trotz einem Mehrkonsum leicht, obwohl zusätzlich die Transportlasten steigen.

⁵ „Kleiderkreisel“ (jetzt „Vinted“) ist eine Online-Plattform, die es Benutzern ermöglicht, gebrauchte Kleidung auszutauschen, zu kaufen oder zu verkaufen.

⁶ Achtung: Das Szenario „vor Nutzung der Plattform“ entspricht nicht dem Szenario „nur Neukäufe“.

Eine weitere Möglichkeit ist das Leihen von Kleidung, entweder für einmalige Gelegenheiten (z. B. Abendgarderobe) oder für einen längeren Zeitraum. Das Leihen von Kleidung kann dabei Problematiken wie modischen Trendwechseln, saisonalen Wechseln (z. B. Sommer-/Winterbekleidung) oder Nutzungsmangel wegen seltener Gelegenheiten (z. B. Brautkleid) entgegenwirken (Armstrong & Lang, 2014).

Johnson (2020) zeigt, dass das einmalige Leihen eines Abendkleids bei einem Unternehmen die Treibhausgasemissionen verringert, wenn dadurch zu einem großen Teil weniger Kleidung gekauft wird. Nutzer*innen beeinflussen die Umweltlasten stark damit, wie oft das Kleid genutzt wird, wie stark Kleidungskäufe zurückgehen und wie die Kund*innen zum Kleidungsverleih kommen.

Ein Kleidungsverleih für Kleinkindbekleidung, bei dem jeweils für 3 Monate ein Kleidungspaket geliehen wird, könnte in 10 Jahren über 8000 t CO₂ einsparen (WRAP, 2013). Damit hat das Modell des Kleidungsverleihs das größte ökologische Potential unter den fünf in dieser Studie untersuchten, innovativen Modellen, auch wenn die Nachfrage danach beschränkt ist.

Zamani et al. (2017) untersuchten das Leihen von Kleidung anhand des Beispiels einer „Clothing Library“. Bei einer „Clothing Library“ kann gegen eine feste monatliche Gebühr eine gewisse Anzahl an Kleidungsstücken für einen bestimmten Zeitraum ausgeliehen werden (Zamani et al., 2017). Diesem Geschäftsmodell entspricht in etwa auch der Praxispartner „Stay Awhile“. In der Studie wurden ein Online-Modell und ein Offline-Modell (lokales Geschäft) betrachtet. Die Analyse verschiedener Szenarien zeigt ökologische Vorteile für das Leihen von Fast Fashion, wenn die Nutzungshäufigkeit und -dauer wesentlich verlängert wird. Die größten Einflussfaktoren sind die Wahl des Transportmittels zum Kurierdienst bzw. zum Geschäft und die Distanz dorthin, sowie die Anzahl der Verlängerung der Nutzungshäufigkeit.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass die vorgestellten Konzepte in der Bekleidungsbranche tatsächlich zu ökologischen Vorteilen führen können. Allerdings zeigt eine Meta-Analyse von Piontek & Müller (2018), dass die Umweltlasten immer stark vom individuellen Nutzer*innenverhalten abhängig sind. Außerdem ist die Ersatzrate, also wie viel gekaufte Kleidung durch geliehene Kleidung ersetzt wird, ein sehr wichtiger Faktor. Deshalb ist eine sehr wichtige, wenn auch nicht einfache Aufgabe bei Ökobilanzen in diesem Bereich, die Ersatzrate korrekt zu quantifizieren (Farrant et al., 2010; Sandin & Peters, 2018).

Bisher sind ökobilanzielle Daten für PSS- und CFC-Geschäftsmodelle rar, obwohl sie wichtig sind, um quantitative Erkenntnisse über deren Nachhaltigkeit zu erhalten (Iran & Schrader, 2017; Tukker, 2015). Es konnte keine Arbeit gefunden werden, die eine Ökobilanz für ein Geschäftsmodell nach dem Prinzip einer „Clothing Library“ in Deutschland durchführt und sich dabei auf empirische Nutzer*innendaten stützt. Diese Forschungslücke soll mit dieser Arbeit geschlossen werden. Das Geschäftsmodell von „Stay Awhile“ wird als Grundlage genutzt und im folgenden Abschnitt näher erläutert.

3.5 Das Geschäftsmodell des Praxispartners „Stay Awhile“

Das Geschäftsmodell von „Stay Awhile“ basiert auf den Prinzipien einer CE und kann als PSS des Subtyps „4. Product renting/sharing“ klassifiziert werden. Aus einer CFC Perspektive fällt es unter Typ „B2C“ und den Subtyp „Renting“. Wie schon erwähnt, wird es auch als „Clothing Library“ bezeichnet.

Gegen eine feste monatliche Gebühr von 59€ (Abonnement) kann Damenoberbekleidung geliehen werden, die nach einer Nutzungsperiode wieder an das Unternehmen zurückgegeben wird. Es werden immer 4 Kleidungsstücke gleichzeitig geliehen, die maximal einmal im Monat ausgetauscht werden können. Allerdings werden immer 7 Kleidungsstücke zum*zur Kund*in gesendet, damit eine Auswahl besteht, sofern etwas nicht passt oder gefällt. Falls einem*einer Kund*in ein Kleidungsstück besonders gut gefällt, kann es dem Unternehmen abgekauft werden. Die Dauer eines Abonnements beträgt entweder 3 oder 12 Monate. Die Zustellung der Kleidung erfolgt per Paketversand, die dafür anfallenden Kosten sind in der Abo-Gebühr inbegriffen.

Die Zielgruppe umfasst vor allem modebewusste, als Frau gelesene Personen, die einen regelmäßigen Wechsel ihrer Kleidung wünschen. Deswegen stammen die verliehenen Kleidungsstücke von kleinen Designerlabels und sind somit modisch ansprechend und eher hochpreisig. Anstatt sich die Kleidungsstücke selbst auszusuchen, können Kund*innen auch eine „Kuratieroption“ wählen, bei der die Kleidungsstücke vom Unternehmen für die Kund*innen zusammengestellt werden.

In dieser Arbeit wird dieses System als Grundlage für die Modellierung des Kreislaufgeschäftsmodells verwendet.

4. Ziel der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll klären, ob die Nutzung des innovativen Kreislaufgeschäftsmodells „Kleidung leihen“ für Damenoberbekleidung ökologisch vorteilhaft im Vergleich zur Nutzung eines konventionellen, linearen Geschäftsmodells ist. Dabei werden die Umweltwirkungen beider Modelle quantifiziert. Dafür wird der gesamte Lebensweg der Bekleidung, die im jeweiligen Modell benötigt wird, ökobilanziell betrachtet. Der Fokus der Arbeit liegt auf der Nutzungsphase, da das „Leihen“ im Vergleich zum „Kaufen“ betrachtet werden soll und davon ausgegangen wird, dass sich die Bekleidung in ihrer Herstellung stark ähnelt. Das Prinzip des „Leihens“ wird anhand des Geschäftsmodells des Praxispartners „Stay Awhile“ untersucht, während beim „Kaufen“ eine durchschnittliche Onlinebestellung betrachtet wird. Die Arbeit soll zeigen, ob die Nutzung des Kreislaufgeschäftsmodells durch eine Änderung des Kleidungsbedarfs in geringeren Umweltlasten resultiert. Die Ergebnisse der Arbeit werden gemäß der DIN EN ISO 14040 (2021) für Ökobilanzen in Umweltwirkungskategorien präsentiert, um die ökologischen Auswirkungen abschätzen zu können. Diese Arbeit beschränkt sich dabei auf das Treibhauspotential, die Gesamtmenge an benötigter Energie (kumulierter Energieaufwand) und die Wassernutzung.

Die vorliegende Arbeit beantwortet also die folgenden Fragestellungen in Hinblick auf die genannten Wirkungskategorien:

- Wie hoch sind die Umweltlasten der Nutzung eines konventionellen, linearen Geschäftsmodells für Kleidung?
- Wie hoch sind die Umweltlasten der Nutzung des innovativen Kreislaufgeschäftsmodells „Kleidung leihen“?
- Hat die Nutzung des innovativen Kreislaufgeschäftsmodells „Kleidung leihen“ ökologische Vorteile im Vergleich zur Nutzung eines konventionellen, linearen Geschäftsmodells?

5. Methodik und Untersuchungsrahmen

In diesem Teil der Arbeit wird die Grundlage der Berechnung dieser Ökobilanz erläutert. Anfangs wird die Funktion und die funktionelle Einheit erklärt, anhand welcher die Umweltwirkungen quantifiziert werden. Anschließend werden die Systemmodelle beschrieben, die den Lebensweg der Kleidung jeweils für das lineare Geschäftsmodell und für das Kreislauf-Geschäftsmodell darstellen. Nachfolgend wird genauer auf die Datenquellen und Annahmen der Berechnung eingegangen und abschließend die Wirkungsabschätzung erläutert.

5.1. Begriffsdefinitionen

Zum besseren Verständnis werden wichtige Begrifflichkeiten, die im Folgenden verwendet werden, kurz erläutert:

- Das „lineare Modell“ bezeichnet das Systemmodell nach Vorlage eines konventionellen Geschäftsmodells, in dem Kleidung (online) gekauft wird.
- Das „Kreislauf-Modell“ bezeichnet das Systemmodell, in dem nach Vorlage des Kreislauf-Geschäftsmodells Kleidung geliehen wird, aber auch nach Vorlage eines konventionellen Geschäftsmodells Kleidung (online) gekauft wird.
- „Kleidung kaufen“ bezeichnet den linearen Erwerb von T-Shirts, der in beiden Systemmodellen stattfindet.
- „Kleidung leihen“ bezeichnet das Mieten von T-Shirts, das nur im Kreislauf-Modell erfolgt.

5.2. Funktion und funktionelle Einheit

Um die Umweltwirkungen quantifizieren zu können bedarf es einer funktionellen Einheit (FE). Dafür muss zuerst die Funktion festgelegt werden, die ein System erfüllt. Um Systeme vergleichen zu können muss außerdem eine Funktionsgleichheit zwischen beiden Systemen vorliegen. In dieser Arbeit wird die Funktion der untersuchten Systeme festgelegt als „die Befriedigung des Bedürfnisses nach regelmäßig wechselnder, modischer Kleidung“. Diese Funktion kann durch Kleidungskonsum auf zwei verschiedenen Wegen erfüllt werden: Durch das Kaufen von Kleidung und durch das Leihen von Kleidung. Bei der Nutzung eines linearen, konventionellen Geschäftsmodells („lineares Modell“) wird die Funktion ausschließlich durch das (Online-) Kaufen von Kleidung erfüllt. Bei der Nutzung des innovativen Kreislauf-Geschäftsmodells („Kreislauf-Modell“) wird die Funktion zu einem Teil durch das Leihen von Kleidung erfüllt, zu einem anderen Teil aber auch weiterhin durch das (Online-) Kaufen von Kleidung. Das Leihen von Kleidung ersetzt das Kaufen also nicht komplett. Diese Erkenntnis

geht aus den projektinternen Nutzer*innendaten von „Stay Awhile“ hervor (Gilges, 2020; Hoch, 2020). Die festgelegte Funktion berücksichtigt die spezifische Zielgruppe, die das Angebot von „Stay Awhile“ nutzt. Dabei handelt es sich um modebewusste Personen, die pro Monat etwa 100€ für mittel- bis hochpreisige Kleidung ausgeben und somit einen recht hohen Kleidungskonsum haben (Gilges, 2020; Hoch, 2020). Das Bedürfnis nach regelmäßigen Outfitwechseln ist ebenfalls ein wichtiger Punkt. Die Menge an Kleidungsstücken, die zur Befriedigung des Bedürfnisses nach regelmäßig wechselnder, modischer Kleidung im jeweiligen Systemmodell benötigt wird, wird mithilfe der projektinternen Nutzer*innendaten ermittelt (siehe Kapitel 5.5.1.).

Da die zur Erfüllung der Funktion konsumierten Kleidungsstücke nicht bekannt sind, wird in der vorliegenden Arbeit ein T-Shirt als repräsentatives Kleidungsstück festgelegt. Es ist ein handelsübliches T-Shirt aus Baumwolle mit einem Gewicht von 200 Gramm. Das T-Shirt ist gefärbt, wobei die Farbe nicht näher bestimmt ist. Mit den im Projektkontext erhobenen Daten wurde eine durchschnittliche Lebensdauer von 48 Waschzyklen pro T-Shirt abgeschätzt (siehe Kapitel 5.5.8). Dieser Wert entspricht in etwa auch der in der Literatur angenommenen Lebensdauer von 44 (A. Lehmann et al., 2019), 50 (Steinberger et al., 2009) und 55 (Systain Consulting GmbH, 2009) Waschzyklen, auch wenn teilweise sogar 100 Waschzyklen erwartet werden (Ludmann, 2018).

Nun kann die FE dieser Arbeit präzisiert werden. In dieser Arbeit ist die FE „Konsum und Nutzung von Baumwoll-T-Shirts in 15 Monaten“, um das Bedürfnis nach regelmäßig wechselnder, modischer Kleidung zu befriedigen. Anhand dieser FE werden das lineare Modell und das Kreislauf-Modell miteinander verglichen. In dieser Arbeit wurde ein nutzer*innen-orientierter Ansatz gewählt (vgl. Johnson, 2020). Das bedeutet, dass sich „der Konsum und die Nutzung von Baumwoll-T-Shirts“ auf durchschnittliche Nutzer*innen der Zielgruppe beziehen.

5.3. Beschreibung der Systemmodelle

Beide Systemmodelle umfassen die Produktionsphase, die Transporte und die Distribution zum Kunden, die Nutzungsphase und die Entsorgung eines Baumwoll-T-Shirts. Zur Produktionsphase zählen der Anbau der Baumwolle, die Weiterverarbeitung zum fertigen Textil inklusive des Spinnens, Wirkens und Färbens sowie abschließend die Konfektion zum fertigen T-Shirt. Danach tritt das T-Shirt in die Transportphase ein, in der es vom Produktionsland China zum Nutzungsland Deutschland verschifft und weiter zum Warenlager des Unternehmens transportiert wird. Ab hier unterscheiden sich die Wege des linearen Modells und des Kreislauf-Modells. Im linearen Modell gelangt das T-Shirt nach dem Kauf zum*zur

Kund*in, was als Distribution bezeichnet wird. Dort wird das T-Shirt bis zum Lebensende genutzt und abschließend entsorgt. Die Prozesskette des Lebenswegs ist grafisch in *Abbildung 4* veranschaulicht. Im Kreislauf-Modell wird ein Teil der T-Shirts gekauft und verbleibt nach der Distribution genau wie im linearen Modell bis zum Lebensende bei dem*der Kund*in. Der andere Teil der T-Shirts wird geliehen und nach einem bestimmten Zeitraum zum Unternehmen zurückgeschickt, während gleichzeitig wieder neue T-Shirts geliehen werden. Nach einer gewissen Anzahl an Verleihvorgängen wird das T-Shirt dann vom Unternehmen entsorgt. Zu beachten ist, dass für geliehene T-Shirts eine Kaufoption besteht und somit ein kleiner Anteil der geliehenen T-Shirts von dem*der Kund*in gekauft wird. Die Prozesse des Kreislauf-Modells sind in *Abbildung 5* dargestellt. Bei allen Transport- und Distributionsprozessen wird in beiden Systemmodellen die Verpackung miteinbezogen. Die Modelle beider Systeme beinhalten alle Inputs an stofflichen und energetischen Ressourcen, sowie alle Outputs in Form von Emissionen und Abfällen entlang des gesamten Lebensweges. Die exakten Systemgrenzen, die Annahmen zur Berechnung und die Datengrundlage werden in Kapitel 5.5. explizit erläutert.

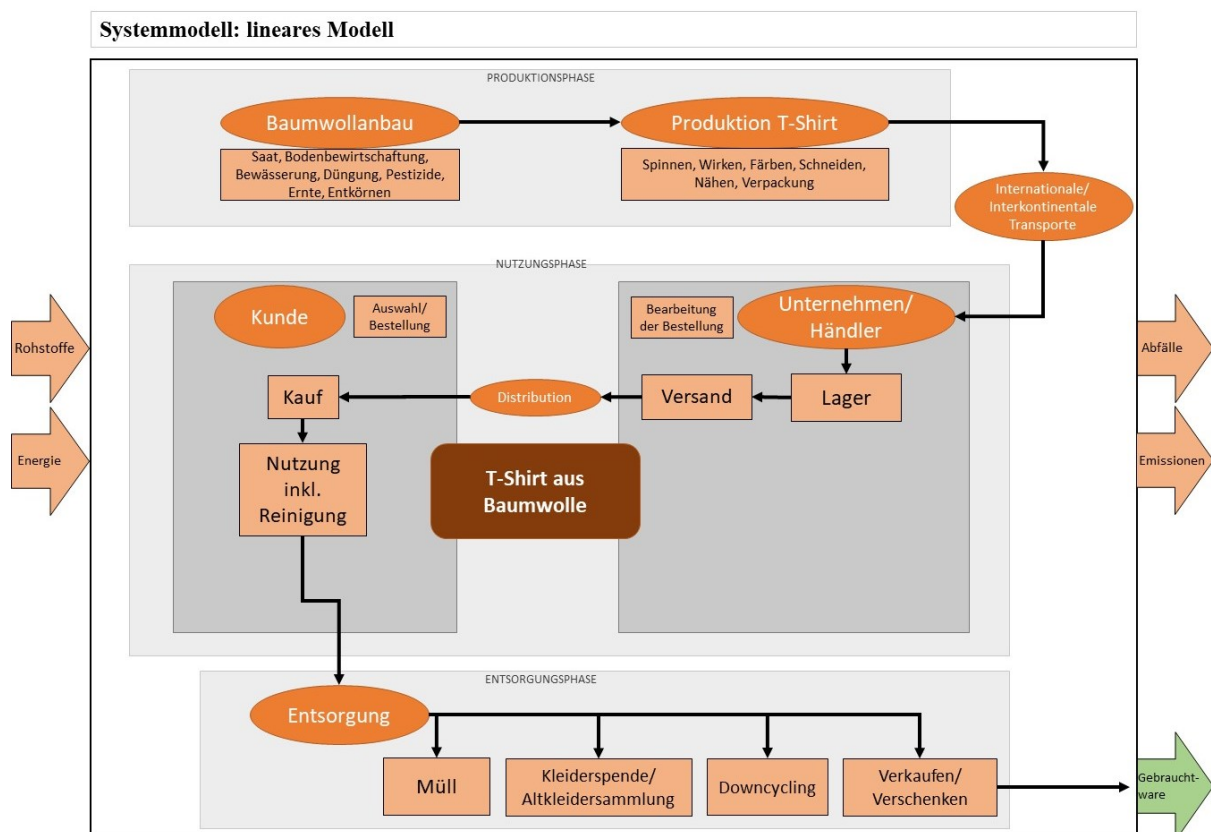


Abbildung 4: Systemmodell: Lineares Modell. Schematisch dargestellt sind die Prozesse auf dem Lebensweg eines Baumwoll-T-Shirts beim Kaufen durch ein konventionelles, lineares Geschäftsmodell und die Systemgrenzen.

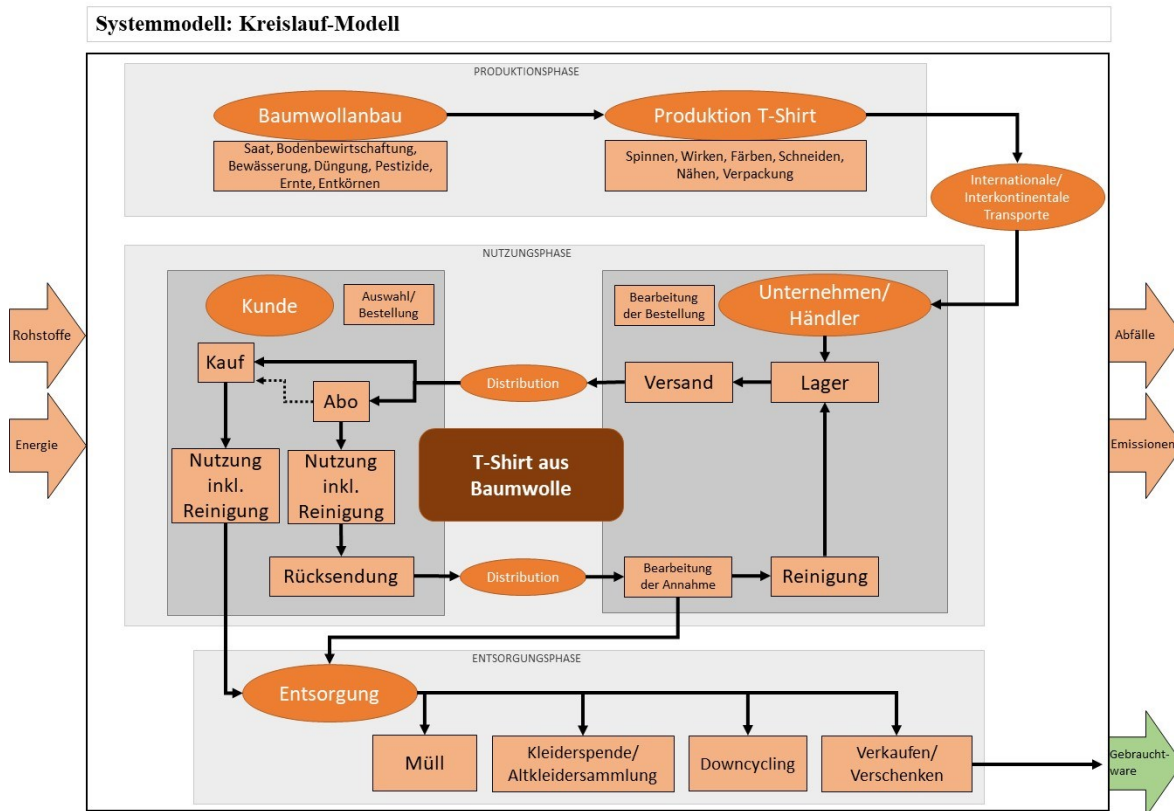


Abbildung 5: Systemmodell: Kreislauf-Modell. Schematisch dargestellt sind die Prozesse auf dem Lebensweg von Baumwoll-T-Shirts beim Leihen durch ein Kreislaufwirtschaft-Geschäftsmodells, aber auch durch das Kaufen durch ein konventionelles, lineares Geschäftsmodell, sowie die Systemgrenzen.

5.3.1. Geografischer Bezugsrahmen

Da China nach Einfuhrwert das wichtigste Herkunftsland für Bekleidungsimporte nach Deutschland ist (Statistisches Bundesamt, 2020), findet die Produktionsphase des T-Shirts modellhaft in China statt. Nachdem das T-Shirt fertiggestellt ist, wird es innerhalb von China zum Hafen in Shanghai transportiert. Von dort erfolgt der Transport nach Deutschland. In Deutschland findet der Transport zum Lager und schließlich die Distribution statt. Auch als Ort der Nutzungsphase und der Entsorgung wird Deutschland angenommen.

5.3.2. Zeitlicher Bezugsrahmen

Für die beiden Systemmodelle wird ein Bezugszeitraum von 15 Monaten angesetzt. Das ist der Zeitraum, in dem ein geliehenes T-Shirt des Sharing-Modells einen kompletten Lebenszyklus durchläuft. Für diesen Zeitraum wurde auch der T-Shirt-Konsum nicht geliehener Kleidung in beiden Modellen berechnet, damit die Funktion (siehe Kapitel 5.2.) erfüllt wird. Ein gewisser zeitlicher Rahmen ist in dieser Arbeit wichtig, da das Leihen von Kleidung temporär befristet ist und die Funktion nur während des Leihens erfüllt wird. Der festgelegte Zeitraum bezieht sich also primär auf die Nutzungsphase und damit auf den Kleidungskonsum.

5.4. Allokation

Die Lasten, die durch den Kleidungskonsum in einem der beiden Systemmodelle anfallen, werden vollständig der nutzenden Person zugewiesen. Prozesse oder Produkte, die mehrere Personen betreffen, werden aufgeteilt, sodass jeder Person anteilig Lasten zugeteilt werden. Prozesse oder Produkte, die Datensätzen entnommen wurden, sind entsprechend der zugrundeliegenden Datensätze alloziert.

5.5. Systemgrenzen, Annahmen und Datenquellen

Im Folgenden werden die festgelegten Systemgrenzen und getroffene Annahmen zur Modellierung der Prozesse in den untersuchten Systemmodellen erläutert. Immer zu Beginn eines Abschnitts werden die Quellen, die für den jeweiligen Prozess als Datengrundlage dienen, genannt.

5.5.1. Konsumverhalten und Bedarf an T-Shirts

Der Bedarf an T-Shirts, der durch das Konsumverhalten der Nutzer*innen bestimmt wird, ist eine wichtige, ausschlaggebende Variable im untersuchten Systemvergleich. Weil die sonstigen Prozesse dadurch maßgeblich beeinflusst werden, werden die Annahmen hierzu direkt zu Beginn erläutert. Das Konsumverhalten der Nutzer*innen beider Systemmodelle wird mithilfe der im Projektkontext von „Wear2Share“ erhobenen Nutzer*innendaten modelliert (Gilges, 2020; Hoch, 2020). Zudem unterstützen unternehmensinterne Informationen die Modellierung.

Beim „Kleidung leihen“ werden immer 4 T-Shirts gleichzeitig genutzt. Diese werden durchschnittlich alle 1,5 Monate getauscht, sodass im Bezugszeitraum von 15 Monaten 10 Tauschvorgänge erfolgen. Da ein T-Shirt durchschnittlich 10-mal verliehen wird, bevor es entsorgt werden muss, wird die Nutzung der T-Shirts anteilig pro Tausch für 10 Tauschvorgänge berechnet. Obwohl also insgesamt 40 verschiedene T-Shirts von der Kund*in konsumiert werden, beträgt der Bedarf an T-Shirts nur ein Zehntel des Konsums. Dabei muss beachtet werden, dass durch die Kaufoption des Kleidungsverleihs durchschnittlich 6 T-Shirts in den Besitz der Kundin übergehen und somit das „Kleidung leihen“ verlassen. Es wird angenommen, dass die abgekauften T-Shirts die Kundin mit vollständiger Lebensdauer erreichen, da nicht geklärt werden kann, ob oder wie oft davor schon ein Verleih stattgefunden hat. Es werden also 34 T-Shirts anteilig genutzt, sodass sich für den festgelegten Zeitraum ein Verbrauch von 3,4 T-Shirts ergibt. Hinzu kommt, dass durchschnittlich ein T-Shirt pro Kunde in 15 Monaten vom Unternehmen aussortiert werden muss, da es Mängel oder Schäden aufweist. Das ergibt gerundet einen gesamten Kleidungsbedarf von 4 T-Shirts beim „Kleidung leihen“ im Kreislauf-Modell.

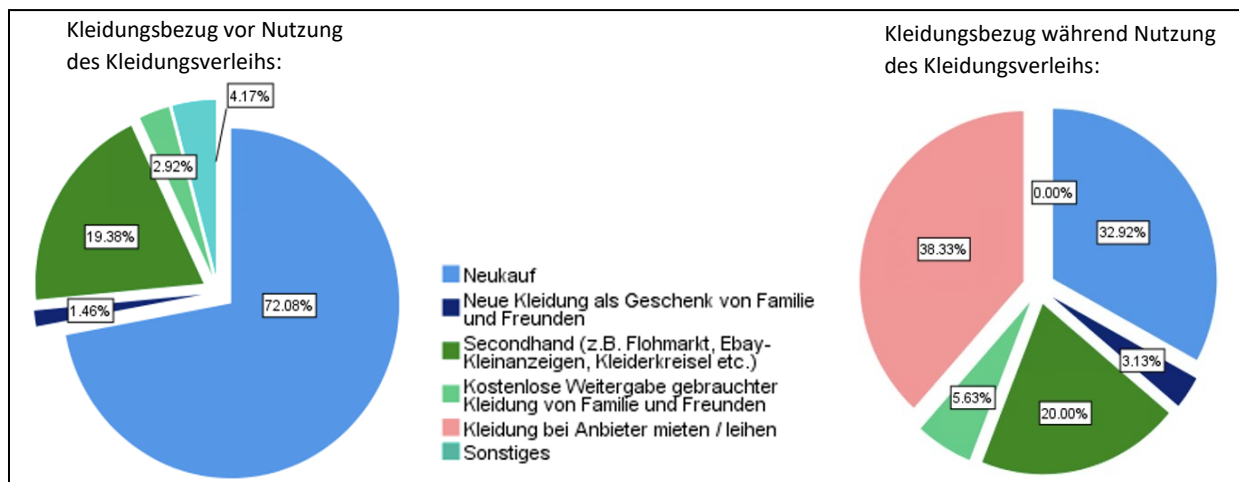


Abbildung 6: Kleidungsbezug der Kund*innen von „Stay Awhile“ vor Nutzung des Kleidungsverleihs und während der Nutzung des Kleidungsverleihs. Quelle: Projektinterne Präsentation bei „Wear2Share“.

Allerdings werden, wie schon erwähnt, im Kreislauf-Modell zusätzlich T-Shirts gekauft, da es unrealistisch ist, dass das Leihen das Kaufen vollständig ersetzt (Sandin & Peters, 2018). Die Kundinnen gaben an, durchschnittlich 1,67 Kleidungsstücke im Monat zu kaufen. Das ergibt einen Konsum von etwa 25 T-Shirts im Bezugszeitraum, von denen 62% neu erworben werden („Neukauf“), während 38% gebraucht erworben werden („Secondhand“) (siehe *Abbildung 6*). Es wird nur der Erwerb durch Kauf berücksichtigt und entsprechend prozentual hochgerechnet. Bei den Neukäufen sind die vom Kleidungsverleih abgekauften T-Shirts mit inbegriffen. Gebrauchte T-Shirts werden vereinfacht mit der Hälfte der Lasten eines neuen T-Shirts berücksichtigt, da sich die Lasten des gesamten Lebenswegs auf mind. zwei Nutzer*innen verteilen. Es wird davon ausgegangen, dass ein T-Shirt einmal weitergegeben werden kann und mit der Hälfte der Lebensdauer bei dem*der Nutzer*in ankommt. Ein Gebrauchtkauf wird also als ein halber Neukauf gewertet. Für den Bezugszeitraum ergibt sich bei einem monatlichen Konsum von 1,67 T-Shirts unter Berücksichtigung der Gebrauchtware insgesamt ein Bedarf von 20 T-Shirts für das „Kleidung kaufen“ im Kreislauf-Modell. Insgesamt werden im Kreislauf-Modell also durchschnittlich 24 T-Shirts (= 4,8 kg T-Shirts) im festgelegten Zeitraum benötigt, um die Funktion des Systems zu erfüllen (siehe *Tabelle 1*).

Im linearen Modell erfolgt der Kleidungskonsum ausschließlich durch das „Kleidung kaufen“. *Abbildung 6* zeigt, dass der Teil, der im Kreislauf-Modell geliehen wird, im linearen Modell fast vollständig aus Neukäufen besteht. Durch die Angaben der Kund*innen zur Art und Weise des Beziehens von Kleidung vor der Nutzung des Kleidungsverleihs konnte ermittelt werden, dass die monatlich konsumierte Menge im Durchschnitt bei 2,9 Kleidungsstücken lag. Dieser Wert wurde gegengeprüft, indem in einer im Projektkontext erhobenen Zielgruppenbefragung (Hoch, 2020) eine Gruppe erstellt wurde, deren Mitglieder mit den „Stay Awhile“-Kund*innen in den wichtigsten Kriterien (Kleidungsausgaben pro Monat, Kauf hoch- und mittelpreisiger

Kleidung) übereinstimmen (siehe R-Script in Anhang G). Der durchschnittliche Kleidungskonsum in dieser Gruppe lag bei 2,95 Kleidungsstücken pro Monat. Dadurch konnte bestätigt werden, dass der ermittelte Kleidungskonsum realistisch ist. Der Kleidungskonsum verteilt sich auf 79% Neuware („Neukauf“) und 21% Gebrauchtware („Secondhand“). Mit Berücksichtigung der Gebrauchtware ergibt sich im linearen Modell ein Bedarf von 39 T-Shirts (= 7,8 kg T-Shirts) im festgelegten Zeitraum, um die Funktion des Systems zu erfüllen (siehe *Tabelle 1*).

Dieser Bedarf bestimmt direkt die Menge an T-Shirts, die produziert, transportiert, gewaschen und entsorgt werden sowie indirekt die distribuierte Menge und die Menge der benötigten Verpackungen.

Tabelle 1: Kleidungsbedarf in kg T-Shirts in 15 Monaten im linearen Modell und im Kreislauf-Modell, jeweils durch das "Kleidung kaufen" und "Kleidung leihen"

Kleidungsbedarf in kg T-Shirts in 15 Monaten	Lineares Modell	Kreislauf-Modell
„Kleidung kaufen“	7,8	4,0
„Kleidung leihen“	-	0,8
Total	7,8	4,8

5.5.2. Baumwollanbau

In dieser Ökobilanz wird als Datengrundlage für den Baumwollanbau ein Datensatz aus der Datenbank „ecoinvent v2.2“ genutzt.

Miteinberechnet werden der Baumwollanbau inklusive Bodenbewirtschaftung, Pestizide, Düngemittel und jeweils deren Herstellung sowie die Ernte und den Transport zu einer Entkörnungsanlage. Dabei wird das Inventar auf die Baumwollfasern und auf die Baumwollsaamen, mit kleinerem Anteil, ökonomisch und nach Masse alloziert. Menschliche Arbeitskraft, die Produktion der landwirtschaftlichen Maschinen und der Infrastruktur (z.B. Lagergebäude) werden nicht berücksichtigt. Das Inventar entspricht dem chinesischen Standard für den Baumwollanbau. Da China nach Indien der weltweit größte Baumwollproduzent ist (USDA, 2020) und die Bekleidung in Deutschland größtenteils aus China importiert wird (Statistisches Bundesamt, 2020), wurde China als repräsentatives Produktionsland der Baumwolle festgelegt. Die Werte für den Energieverbrauch und das Treibhauspotential liegen etwas höher als der globale Durchschnitt (vgl. Cotton Inc., 2016; vgl. Anhang C). Das erscheint allerdings plausibel, da der Nordwesten, der einen Großteil der Baumwolle in China produziert,

eine trockene Region ist und deswegen energieintensiv bewässert werden muss (Cotton Inc., 2016).

5.5.3. Textilproduktion

Die Daten zur Textilproduktion stammen aus einer umfassenden Ökobilanz der Cotton Inc. (2016) zur Herstellung eines gewöhnlichen T-Shirts aus Baumwolle. Zur Ermittlung der Werte wurden Textilhersteller in den meistverarbeitenden Regionen weltweit untersucht. Das bedeutet, die Daten zur Textilproduktion entsprechen einem globalen Durchschnitt und gelten nicht explizit für das Produktionsland China. Aufgrund der Unterschiede der Daten zur Textilproduktion (siehe Anhang C) und der lückenhaften Datenlage für China ist eine Spezifizierung schwierig. Deswegen wird der globale Durchschnitt als annehmbar betrachtet, zumal der Fokus dieser Arbeit auf der Nutzungsphase liegt.

Bei der Textilproduktion werden alle Verarbeitungsprozesse der Baumwollfasern zu einem fertigen Stoff miteinbezogen. Die Garnherstellung beinhaltet das Spinnen nach dem Ringspinnverfahren sowie dessen Vorprozesse wie beispielsweise das Kardieren und diverse Streckprozesse. Zur Verarbeitung zum fertigen Stoff zählen das Wirken und das Färben inklusive aller Vorbereitungsprozesse (zum Beispiel Waschen, Bleichen) und Nachbereitungsprozesse (zum Beispiel erneutes Waschen, Bearbeitung mithilfe von Weichmachern). Als finaler Prozess der Textilproduktion wird die Verdichtung des Stoffes miteinbezogen. Für alle Prozesse werden die Energiebereitstellung und die benötigten Hilfsstoffe inklusive deren Vorketten berücksichtigt.

5.5.4. Konfektion

Die Daten zur Konfektion werden aus einer älteren Version der Ökobilanz von Cotton Inc. (Cotton Inc., 2012, 2016) übernommen, da keine neueren Daten zur Konfektion vorlagen.

Die Konfektion umfasst das Schneiden und Nähen des flächenförmigen Textils zu einem fertigen T-Shirt aus 100% Baumwolle. Für den elektrischen Strom, der für die Konfektion benötigt wird, wird ein Energiemix angenommen, der verschiedene Länder zu unterschiedlichen Anteilen miteinbezieht. Es handelt sich also auch hier um einen globalen Durchschnittswert und nicht um einen expliziten Wert für China, wobei China mit 42% den größten Anteil am Energiemix ausmacht (Cotton Inc., 2016). Des Weiteren werden die bei der Konfektion entstehenden Schnittabfälle miteinberechnet sowie die Aufbereitung der Abwässer.

5.5.5. Transporte

Als Datenquelle zur Berechnung der Transportphase dienen Datensätze für verschiedene Transportmittel aus der Datenbank „ecoinvent v3.7.1“. Die In- und Outputs werden für alle Transportmittel pro Tonnenkilometer angegeben. Somit können die Auswirkungen des Transports anteilig pro Gewicht eines T-Shirts berechnet werden.

Die erste Etappe, von der Produktion zum Hafen in Shanghai, wird mit einem Lastkraftwagen (16-32t) modelliert. Dabei wurde mithilfe von „Google Maps“ die mittlere Distanz der Hauptanbauggebiete für Baumwolle in China (Cotton Inc., 2016) zum Hafen in Shanghai berechnet, da dieser Hafen das weltweit größte Umschlagsvolumen hat (DVZ, 2021). Es wird angenommen, dass die Strecken vom Anbau zum Verarbeitungsstandort des T-Shirts in diesen Distanzen bereits enthalten sind und dafür keine zusätzlichen Wege anfallen. Der Transport vom Hafen in Shanghai nach Deutschland wird per Containerschiff über die Suezkanal-Route zum Hamburger Hafen angenommen. Vom Hafen in Hamburg werden die T-Shirts mit einem LKW (16-32t) weiter nach Magdeburg transportiert, wo sich das Lager von „Stay Awhile“ befindet. Für das lineare Modell wird dieselbe Distanz von Hafen zu Lager angenommen, somit unterscheiden sich die Transportphasen in beiden Modellen nicht voneinander. Eine detaillierte Übersicht über die Transportstationen und die Distanzen befindet sich in *Tabelle 2*.

Zusätzlich zum Gewicht der T-Shirts muss bei den Transporten das Gewicht des Verpackungskartons und der Plastiktaschen („Polybags“), in die die T-Shirts verpackt sind, berücksichtigt werden.

Tabelle 2: Transportstationen, Transportmittel, Distanzen und Datenquellen der Transportphase.

Transportstationen	Transportmittel	Distanz	Datenquellen
Produktion → Hafen Shanghai	LKW (16-32t)	1200 km	“transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5, RoW” (ecoinvent v3.7.1); “Google Maps” (https://www.google.de/maps/)
Hafen Shanghai → Hafen Hamburg	Containerschiff	22737 km	“transport, freight, sea, container ship, GLO” (ecoinvent v3.7.1); (ports.com, o. J.);
Hafen Hamburg → Lager	LKW (16-32t)	280 km	“lorry 16-32 metric ton, EURO6, RER” (ecoinvent v3.7.1); “Google Maps” (https://www.google.de/maps/)

5.5.6. Distribution

Zur Berechnung der Distribution, also der Transporte vom Lager zum*zur Kund*in und gegebenenfalls zurück, werden ebenfalls Datensätze für verschiedene Transportmittel aus der Datenbank „ecoinvent v3.7.1“ benutzt. Mit Ausnahme einer Strecke werden auch hier die Umweltlasten anteilig pro Gewicht eines T-Shirts berechnet. Des Weiteren tragen Daten aus dem Projektkontext (Gilges, 2020; Hoch, 2020) bezüglich des Konsumverhaltens zur Berechnung bei.

Die Distribution wird mit einem typischen Paketversand modelliert. Dabei findet zuerst ein Transport der T-Shirts in einem kleinen Lastkraftwagen (3,5-7t) vom Lager zu einer Zwischenstation, einem Paketverteilerzentrum statt. Dort werden die T-Shirts auf einen Kleintransporter umgeladen und mit diesem an die Kund*innen ausgeliefert. Die Distanzen dieser Strecken variieren je nach Wohnort der Kund*innen sehr stark, deswegen wurden die Distanzen geschätzt. Dieser Distributionsweg hin zum*zur Kund*in wird für beide Systemmodelle angenommen. Da es heutzutage üblich ist, online gekaufte Kleidung, die nicht passt oder gewünscht ist, wieder zurückzuschicken, muss auch die Rückdistribution zurück zum Lager miteinbezogen werden. Außerdem ist die Rückdistribution ein fester Bestandteil des Kreislauf-Modells. Für den Rückweg wird derselbe Transportweg der Hin-Distribution angenommen, mit der Ausnahme, dass ein geringer Teil des Weges von den Kund*innen mit dem PKW zurückgelegt wird, wenn die T-Shirts zur Versandstelle gebracht werden. Dieser Weg muss differenziert betrachtet werden, was später in diesem Kapitel genauer beschrieben wird. Beim „Kleidung leihen“ werden prinzipiell alle der geliehenen T-Shirts wieder zurückgesendet, mit Ausnahme derer, die vom Verleih abgekauft werden. Es wird berücksichtigt, dass immer eine Auswahl von sieben T-Shirts zum*zur Kund*in und zurück geliefert werden, obwohl nur vier T-Shirts zur Nutzung behalten werden. Diese drei zusätzlichen T-Shirts müssen bei der Distribution mitberechnet werden, da sie einen Anteil der gesamten Transportmenge ausmachen. Die Distribution der im Kreislauf-Modell gekauften T-Shirts werden wie im linearen Modell behandelt, abzüglich der vom Verleih abgekauften T-Shirts, da diese Distribution hinfällig ist. Im linearen Modell wird eine gewisse Menge T-Shirts mehr bestellt als letztendlich behalten wird und deswegen auch wieder zurückgeschickt. Das Verhältnis aus retournierten Artikeln zu versandten Artikeln bezeichnet man als Beta-Retourenquote (Asdecker, 2021). Die Beta-Retourenquote beträgt laut Asdecker (2021) durchschnittlich 36,4% im Bereich „Fashion“, woraus sich ergibt, dass im linearen Modell 36,4% der gekauften T-Shirts zusätzlich bestellt und retourniert werden. Für diese Menge wurde die Hin-Distribution plus Rückdistribution berechnet, während für die tatsächlich

gekaufte Menge an T-Shirts nur die Hin-Distribution anfällt. Das sind im linearen Modell 10,6 Kilogramm T-Shirts, die zum*zur Kund*in distribuiert werden und 2,8 Kilogramm T-Shirts, die zurückdistribuiert werden. Im Kreislauf-Modell fällt eine Hin-Distribution für insgesamt 17,8 Kilogramm T-Shirts an und eine Rückdistribution für 13,8 Kilogramm T-Shirts (Berechnungen siehe Anhang B).

Hinzu kommt das Gewicht des Verpackungskartons, das bei jeder Hin- und Rückdistribution ebenfalls berücksichtigt werden muss, sowie beim „Kleidung kaufen“ das Gewicht der Plastiktüte („Polybag“), in der ein T-Shirt verpackt ist.

Wie schon erwähnt, berechnet sich der Abschnitt der Rückdistribution mit dem PKW des*der Kund*in differenziert, denn der Datensatz bezieht sich nicht auf das Gewicht der Ladung, sondern nur auf zurückgelegte Kilometer. Das erscheint plausibel, da ein*e Kund*in den Weg zur Versandstelle höchstwahrscheinlich nur zurücklegt, um die Retoure eben dorthin zu bringen. Hier ist also nicht die Menge der retournierten T-Shirts, sondern die Anzahl der Retouren ausschlaggebend. Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Paket zurückgeschickt wird, unabhängig von der Menge der bestellten Artikel, bezeichnet man als Alpha-Retourenquote (Asdecker, 2021). Diese beträgt nach Asdecker (2021) im Durchschnitt (für verschiedene Bezahlmethoden) 43% im Bereich „Fashion“. Somit werden 43% der Lieferungen retourniert. Da aus den vorliegenden Daten nur die Menge der bestellten T-Shirts, allerdings nicht die Häufigkeit der Bestellungen bestimmt werden kann, wird angenommen, dass pro Kilogramm bestellter Ware, also pro 5 T-Shirts, eine Lieferung erfolgt (vgl. Ludmann, 2018). Daraus ergibt sich, dass die Strecke mit dem PKW im festgelegten Zeitraum im linearen Modell 4,5-mal zurückgelegt wird. Im Kreislauf-Modell wird pro Tausch der geliehenen T-Shirts eine Retoure fällig. Zudem kommen für die gekauften T-Shirts 1,6 Retouren hinzu, sodass die Strecke mit dem PKW im Kreislauf-Modell insgesamt 11,6-mal zurückgelegt wird (Berechnung siehe Anhang B).

In *Tabelle 3* sind die gerade beschriebenen Transportmittel und -distanzen zusammengefasst.

Tabelle 3: Transportstationen, Transportmittel, Distanzen und Datenquellen der Hin- und Rückdistribution

	Transportstationen	Transportmittel	Distanz	Datenquellen
Hin-Distribution	Lager → Paketverteilerzentrum	LKW (3,5-7t)	300 km	“transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6, RER” (ecoinvent v3.7.1)
	Paketverteilerzentrum → Kunde	Kleintransporter	50 km	“transport, freight, light commercial vehicle, Europe without Switzerland” (ecoinvent v3.7.1)
Rück-Distribution	Kunde → Versandstelle	PKW	2 km	“transport, passenger car” (ecoinvent v3.7.1)
	Versandstelle → Verteilerzentrum	Kleintransporter	48 km	“transport, freight, light commercial vehicle, Europe without Switzerland” (ecoinvent v3.7.1)
	Verteilerzentrum → Lager	LKW (3,5-7t)	300 km	“market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6, RER” (ecoinvent v3.7.1)

5.5.7. Verpackung

Da die T-Shirts während der Transport- und Distributionsphasen verpackt sind, müssen die dafür anfallenden Verpackungen mit in die Betrachtung einbezogen werden. Beim internationalen Transport und bei der Distribution werden zweiwellige Kartonboxen verwendet, sowie zusätzlich eine dünne Plastikfolie („Polybag“), in die ein T-Shirt gepackt ist. Für diese Materialien wurden Datensätze aus „ecoinvent v3.7.1“ angewandt, die sich auf das Gewicht der Verpackung beziehen. Für beide Systemmodelle werden dieselben Verpackungen angenommen. Des Weiteren werden projektintern erhobene Daten (Gilges, 2020; Hoch, 2020) zum Konsumverhalten und Literaturdaten in die Berechnungen miteinbezogen.

Da das Gewicht der verwendeten Kartons nicht bekannt war, sondern nur die Maße, wurde zur Ermittlung des Gewichts der Verpackungskartons ein üblicher, zweiwelliger Karton ausgemessen und gewogen und so die durchschnittliche Flächendichte bestimmt. Einige Bereiche eines Verpackungskartons haben durch die Faltung doppelte Wände, die hier in die durchschnittliche Flächendichte miteinbezogen werden. Da die Faltung bei

Verpackungskartons jedoch sehr ähnlich ist, kann davon ausgegangen werden, dass es sich um eine realistische Flächendichte für zweiwellige Verpackungskartons handelt. Mithilfe der Maße der von „Stay Awhile“ zur Distribution verwendeten Kartons (T. Wilkening, persönliche Kommunikation, 11.05.2021) konnte dann das Gewicht von ungefähr 340 Gramm für eine Kartonbox berechnet werden (Berechnung siehe Anhang B). Die Maße eines Kartons beim internationalen Transport entsprechen in etwa denen des eigens ausgemessenen Kartons, deswegen wird das gemessene Gewicht von etwa einem Kilogramm pro Karton angenommen. Die genauen Daten und Datensätze sind in *Tabelle 4* übersichtlich dargestellt.

In einem Karton für den internationalen Transport werden in etwa 50 T-Shirts transportiert (T. Wilkening, persönliche Kommunikation, 31.05.2021). Das bedeutet, die Umweltlasten verteilen sich anteilig, sodass für ein T-Shirt ein fünfzigstel der Lasten berechnet werden.

Bei der Distribution beim „Kleidung leihen“ durch „Stay awhile“ im Kreislauf-Modell wird jeder Karton durchschnittlich dreimal genutzt, bevor er entsorgt wird (T. Wilkening, persönliche Kommunikation, 11.05.2021). Das heißt, er wird dreimal zum*zur Kund*in und wieder zurück zum Lager distribuiert. Bei 10 Tauschvorgängen werden pro Kunde also 3,3 Kartons benötigt (siehe Anhang B). Beim „Kleidung kaufen“ ist der Bedarf an Kartons abhängig von der Anzahl an Lieferungen. Wie schon in Kapitel 5.5.6. Distribution erläutert, wird davon ausgegangen, dass mehr T-Shirts bestellt als gekauft werden und pro Kilogramm bestellter Ware, also für 5 T-Shirts, eine Lieferung erfolgt. Die Rücksendewahrscheinlichkeit eines Pakets (Alpha-Retourenquote) liegt bei 43,3% (Asdecker, 2021). Es wird angenommen, dass die Kartons, äquivalent zum „Kleidung leihen“, dreimal verwendet werden können, sofern sie retourniert werden. Daraus ergibt sich, dass im linearen Modell 6,6 Kartons und im Kreislauf-Modell für den Kleidungskauf zusätzliche 2,4 Kartons benötigt werden (Berechnung siehe Anhang B). Es werden also im linearen Modell 6,6 Kartons benötigt, während im Kreislauf-Modell insgesamt 5,7 Kartons benötigt werden.

Für die Polybags wird ein für Textilien typischer Klappenbeutel aus Polyethylen mit geringer Dichte (engl.: Low density polyethylen, LDPE) angenommen. Bei einer Größe, die der der Verpackungskartons bei der Distribution entspricht, beträgt das Gewicht eines solchen Plastikbeutels ungefähr 8,8 Gramm (folientaschen.de, 2021). Ein Klebestreifen zum Verschließen wird nicht berücksichtigt. Für jedes T-Shirt fällt genau ein Polybag an, wenn es von der Produktion geliefert wird. Bei „Stay Awhile“ werden die T-Shirts in den Polybags gelagert, allerdings werden sie ohne Polybag zum Kunden versandt. Das heißt, es fällt kein Mehrbedarf an Polybags durch den Verleih an. Wenn ein T-Shirt gekauft wird, verbleibt es im

Polybag, bis es beim Kunden ankommt. Es wird davon ausgegangen, dass die Polybags retournierter T-Shirts weiter genutzt werden und dort somit ebenfalls kein Mehrbedarf entsteht. Es fällt also, unabhängig vom Systemmodell, pro T-Shirt genau ein Polybag an. Die Daten sind ebenfalls in *Tabelle 4* zusammengefasst.

Wird eine Verpackung nicht retourniert, verlässt sie die Systemgrenze und wird nicht weiter berücksichtigt. Die Entsorgung der Verpackungen wird in dieser Arbeit vernachlässigt, was bedeutet, dass weder Lasten noch Gutschriften zugeteilt werden. Auch die Transporte der Verpackungen zu den Unternehmen werden nicht miteinbezogen.

Tabelle 4: Verpackungsart mit Maßen, Gewicht und Datenquellen

Verpackung	Maße (in mm)	Gewicht (in g)	Datenquelle
Kartonbox (int. Transport)	590x410x310	1000	“corrugated board box production, RoW” (ecoinvent v3.7.1)
Kartonbox (Distribution)	360x250x170	340	“corrugated board box production, RER” (ecoinvent v3.7.1)
Polybag (LDPE)	360x250 + 50	8,8	“packaging film production, low density polyethylene, RER” (ecoinvent v3.7.1)

5.5.8. Waschen und Trocknen

Die Umweltlasten in der Nutzungsphase des*der Kund*in werden durch das Waschen und Maschinentrocknen verursacht. Als Datenquelle für die Umweltlasten des Waschens und Trocknens dient eine Ökobilanz zu Haushaltsgeräten (Gensch & Blepp, 2015), die für die Nutzung in Deutschland durchgeführt wurde. Die Anzahl der Wasch- und Trocknungszyklen wurde mithilfe von Literatur (PEFCR, 2019) und der im Projektkontext erhobenen Daten (Gilges, 2020; Hoch, 2020) geschätzt.

Die Daten zum Waschen beziehen sich auf eine „Miele“-Waschmaschine inklusive deren Herstellung, Distribution, Nutzung und Entsorgung. Bei der Nutzung werden verschiedene Waschprogramme anteilig berechnet, sodass ein Durchschnittswert gegeben ist. Berücksichtigt werden dabei der Energieverbrauch, die Bereitstellung von Wasser, das Waschmittel inklusive dessen Produktion sowie die Abwasseraufbereitung. Die Daten werden pro Kilogramm Wäsche und Waschzyklus alloziert, sodass die Umweltlasten anteilig für ein T-Shirt berechnet werden

können. Das Trocknen der Wäsche bezieht sich auf einen durchschnittlichen Wäschetrockner, ebenfalls von „Miele“, bei dem auch Herstellung, Distribution, Nutzung und Entsorgung berücksichtigt werden. Bei der Nutzung steht hier vor allem der Energieverbrauch im Vordergrund (vgl. Steinberger et al., 2009). Die Umweltlasten werden - wie beim Waschen - pro Kilogramm Wäsche und Wasch- bzw. Trocknungszyklus alloziert.

Die Anzahl der Waschzyklen eines T-Shirts im Kreislauf-Modell beim „Kleidung leihen“ wurde mithilfe der durchschnittlichen Tragedauer und der durchschnittlichen Waschkhäufigkeit der Kund*innen ermittelt. Der*die durchschnittliche „Stay Awhile“ Kund*in trägt die geliehene Kleidung 3 Tage in der Woche und wäscht ein Kleidungsstück nach dreimaligem Tragen. Allerdings wird durch erstere Aussage nicht deutlich, wie viele der 4 geliehenen Kleidungsstücke in einer Woche getragen werden. Es liegen verschiedene Möglichkeiten über die Nutzungsintensität der geliehenen Kleidungsstücke vor: Im nutzenärmsten Fall wird jedes Kleidungsstück einzeln getragen, das bedeutet pro Woche wird ein einziges der 4 Teile dreimal getragen und somit einmal pro Woche gewaschen. In der folgenden Woche wird dann hypothetisch das nächste Kleidungsstück getragen und gewaschen und so weiter. Bei einer Verleihdauer von 1,5 Monaten ($\cong$ 6 Wochen) ergibt das 1,5 Waschzyklen pro Kleidungsstück. Im nutzenintensivsten Fall werden immer alle 4 Kleidungsstücke gleichzeitig getragen, das bedeutet, pro Woche wird jedes Teil dreimal getragen und somit auch jedes Kleidungsstück einmal die Woche gewaschen. Das ergibt für die Verleihdauer von 1,5 Monaten 6 Waschzyklen pro Kleidungsstück. Auch wenn in dieser Arbeit von T-Shirts ausgegangen wird, bei denen es unrealistisch ist, dass 4 Stück gleichzeitig getragen werden, muss beachtet werden, dass die T-Shirts prinzipiell verschiedenste Kleidungsstücke repräsentieren. Außerdem wird, sofern die Option gewählt wurde, die Kleidung von „Stay Awhile“ zueinander passend kuratiert. Insofern sind sowohl der nutzenärmste als auch der nutzenintensivste Fall plausibel. Der Mittelwert dieser Extremfälle liegt bei 3,75 Waschzyklen pro T-Shirt pro Verleih. Bei einer durchschnittlichen Verleihhäufigkeit von 10-mal pro T-Shirt ergibt das insgesamt 37,5 Waschzyklen, bevor es entsorgt wird. Hinzu kommt, dass ein T-Shirt nach jedem Verleih im Unternehmen gewaschen wird, bevor es zurück ins Lager gelangt. Insgesamt wird ein T-Shirt also ungefähr 48-mal gewaschen, bevor es entsorgt wird. Diese errechnete Lebensdauer von 48 Wäschen wird auch für die T-Shirts beim „Kleidung kaufen“ in beiden Modellen angenommen, da keine Daten vorliegen, mit denen die Nutzungsintensität und damit die Anzahl der Waschzyklen abgeschätzt werden kann.

Wie oft ein Wäschetrockner nach dem Waschen durchschnittlich benutzt wird, lässt sich durch die Nutzungsrate und die Ausstattung der Population mit einem Wäschetrockner abschätzen (PEFCR, 2019). Es wird angenommen, dass in der Zielgruppe alle Haushalte einen Wäschetrockner besitzen und somit ein Trockner gemäß der in Literatur gefundenen Nutzungsrate (PEFCR, 2019) in 36% der Waschzyklen genutzt wird. Dieser Wert wird auf alle Waschzyklen bei dem*der Nutzer*in angewandt. Eine Ausnahme gilt nur für die T-Shirts beim „Kleidung leihen“. Diese werden bei dem*der Kund*in zwar mit derselben Wahrscheinlichkeit getrocknet, jedoch werden sie, wenn sie im Unternehmen gewaschen werden, danach immer getrocknet.

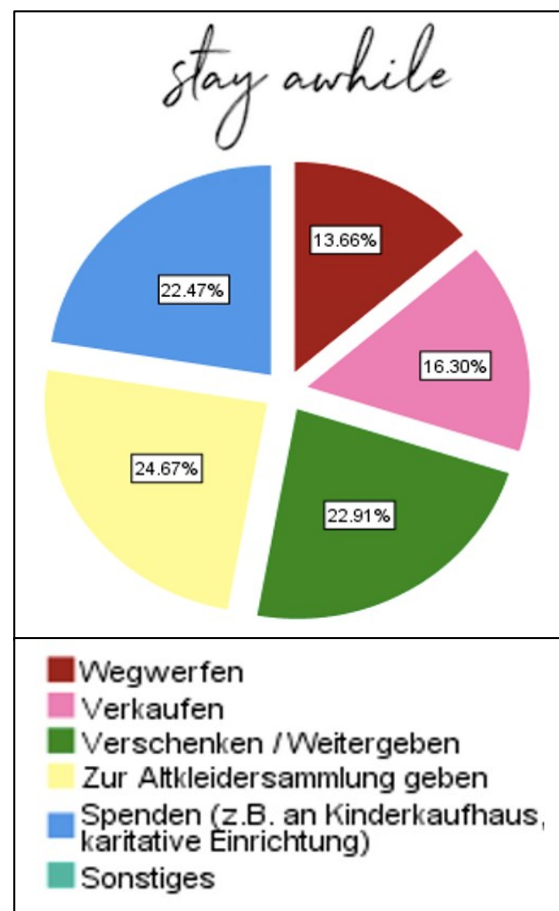
5.5.9. Entsorgung

Die zur Entsorgung bestehenden Möglichkeiten und deren Anteile wurden mit den im Projektkontext erhobenen Daten (Gilges, 2020; Hoch, 2020), mit unternehmensinternen Daten und mit mithilfe der Literatur (Ahlmann, 2020) ermittelt.

Beim „Kleidung kaufen“ in beiden Modellen werden die T-Shirts von den Nutzer*innen auf folgenden Wegen mit dem jeweiligen Anteil an der Gesamtmenge entsorgt:

- Zur Altkleidersammlung geben & Spenden: 47%
- Verschenken/Weitergeben: 23%
- Verkaufen: 16%
- Wegwerfen/Müll: 14%

Die Werte aus der Kundenbefragung sind in *Abbildung 7* grafisch dargestellt. Die Punkte „Spenden“ und „zur Altkleidersammlung geben“ wurden zusammengefasst, da die meiste Kleidung, die über diese Wege entsorgt wird, bei dem selben Dachverband endet (Ahlmann, 2020).



*Abbildung 7: Entsorgung von Kleidung der „Stay Awhile“ Nutzer*innen nach verschiedenen Optionen. Quelle: projektinterne Präsentation („Wear2Share“)*

Beim „Kleidung leihen“ werden die T-Shirts vom Unternehmen zu gleichen Anteilen auf folgenden Wegen entsorgt:

- Spenden: 33%
- Verkaufen: 33%
- Downcycling⁷: 33%

Die Kleidung wird, falls sie vom Unternehmen aufgrund geringer Mängel nicht mehr verliehen werden kann, als Second-Hand Ware verkauft. Ist die Qualität zu schlecht für den Verkauf, werden die Kleidungsstücke entweder gespendet oder als niedrigwertigere Produkte weiterverwendet (z.B. als Putzlappen).

Für als Gebrauchtware verkaufte T-Shirts wird eine Gutschrift in Höhe von 50% der Produktions-, Transport- und Nutzungslasten erteilt, weil das T-Shirt zwar das System verlässt, allerdings bei einem*er anderen Nutzer*in immer noch zur Erfüllung der Funktion beitragen kann. Diese Annahme impliziert auch, dass ein T-Shirt mit der Hälfte der Lebensdauer weitergegeben wird. Die Lasten der Verpackung und der Distribution werden nicht halbiert, da die T-Shirts beim Verkauf noch einmal distribuiert und verpackt werden müssen. Dasselbe gilt für die verschenkten/weitergegebenen T-Shirts, da auch diese noch weitergenutzt werden. Von den zur Altkleidersammlung gegebenen und gespendeten T-Shirts können etwa 10 % der Menge (Cremeware & Qualität I) noch als Gebrauchtware weiter genutzt werden (Ahlmann, 2020). Die restlichen T-Shirts verbleiben nach den in *Abbildung 8* dargestellten Alternativen, die in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt werden. Alle verbleibenden Optionen („Wegwerfen“, „Downcycling“) werden auch bei der direkten Entsorgung durch die Nutzer*innen bzw. das Unternehmen nicht berücksichtigt. Es werden also keine Gutschriften für zum Beispiel thermische Energie durch Müllverbrennung oder Materialeinsparungen andersorts durch

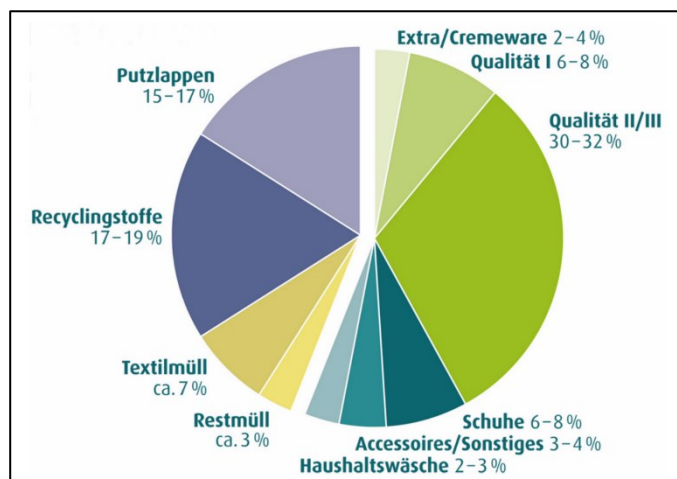


Abbildung 8: Weiterverwendung von gespendeten bzw. durch die Altkleidersammlung gesammelten Kleidungsstücken nach verschiedenen Optionen. Quelle: Ahlmann (2020, S. 8)

⁷ Downcycling bezeichnet die Weiterverwendung in niedrigwertigeren Anwendungen (bspw. ein altes T-Shirt als Putzlappen)

verwertete Kleidung berechnet, allerdings auch keine potentiell entstehenden, negativen Effekte.

5.5.10. Nicht erfasste Effekte

Die hier gelisteten Einflüsse entlang des Lebenswegs werden nicht erfasst und fließen nicht in die Berechnungen mit ein:

- Der Stromverbrauch der Onlinebestellung durch die Nutzung eines Computers oder Smartphones sowie der Stromverbrauch des Serverbetriebs für die Webseiten
- Die Infrastruktur und der Energieverbrauch des Lagers
- Das Bügeln von Kleidung nach dem Waschen
- Modische Trend- und Konsumänderungen, die den Kleidungsbedarf beeinflussen
- Klebeband bei der Verpackung
- Die Reparatur von Schäden an der verliehenen Kleidung (gehört zwar zum Geschäftsmodell von „Stay awhile“, wurde aber kaum umgesetzt (T. Wilkening, persönliche Kommunikation, 11.05.2021))

5.6. Wirkungsabschätzung

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse in drei Wirkungskategorien präsentiert: das Treibhauspotential für einen Zeithorizont von 100 Jahren (GWP100), den kumulierten Energieaufwand (KEA) und die Wassernutzung.

Das Treibhauspotential (engl.: global warming potential; kurz: GWP) bezieht sich auf den Treibhauseffekt, der dafür verantwortlich ist, dass sich die Erde seit der Industrialisierung stark erwärmt (IPCC, 2014). Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) oder Lachgas (N₂O) verstärken den natürlichen Treibhauseffekt. Entsprechend ihrer Wirkungsintensität werden die Stoffe gewichtet und letztendlich in die Einheit CO₂-Äquivalente (CO₂e) umgerechnet, um die Ergebnisse übersichtlich und quantifiziert darzustellen. Die Daten für das Treibhauspotential werden nach der Metrik des „IPCC 2013“ für einen Zeithorizont von 100 Jahren berechnet.

Der kumulierte Energieaufwand (KEA) beschreibt die insgesamt aufgewandte Menge an Primärenergie, die für das Produkt auf seinem Lebensweg benötigt wird. Es kann sich dabei um fossile, erneuerbare, aber auch nukleare Energien handeln - alle Formen werden berücksichtigt. Der KEA wird in Megajoule-Äquivalenten (MJe) angegeben.

Die Wassernutzung bezeichnet die Menge Wasser, die auf dem gesamten Lebensweg benötigt wird, beispielsweise auch in den Vorketten der Energiebereitstellung. Dabei ist es unerheblich,

ob das Wasser nach der Nutzung unverändert, aufbereitet oder verschmutzt zurück in das Ökosystem gelangt, oder ob es verbraucht wird. Es zählt die insgesamte Menge an Wasser, die genutzt wird. Die Wassernutzung wird in Litern angegeben.

5.7. Berechnungsmethode

Die Daten der Literatur und der Datenbank „ecoinvent“ werden in Form der Wirkungskategorien in einer Excel-Tabelle zusammengefasst und sortiert (siehe Anhang C und D). Anschließend wird daraus die Datengrundlage ausgewählt und alle Werte auf ein Kilogramm T-Shirts normiert. Mit den oben beschriebenen Annahmen und Ergebnissen aus der projektinternen Datenerhebung werden dann die Umweltwirkungen beider Systeme in den ausgewählten Wirkungskategorien berechnet.

Um die Ergebnisse zu überprüfen, werden die vorliegenden Daten in die Ökobilanz-Software „Umberto LCA+“ eingegeben. Die Ergebnisse der Software werden später im Kapitel 7.1.1 mit den eigenen Berechnungen in Beziehung gesetzt und diskutiert.

6. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Berechnungen in den untersuchten Wirkungskategorien vorgestellt. Die Angaben beziehen sich auf die FE „Konsum und Nutzung von Baumwoll-T-Shirts in 15 Monaten“ durch eine*n durchschnittliche*n Nutzer*in für das jeweilige Systemmodell. Die Ergebnisse umfassen die Produktion, internationale Transporte, Distribution und Rückdistribution, Verpackung, Nutzung und Entsorgung der Baumwoll-T-Shirts, deren Bedarf durch das jeweilige Systemmodell bestimmt wird. Die Distributionsphase wurde zur besseren Übersicht in (Hin-)Distribution und Rückdistribution aufgeteilt. *Tabelle 5* zeigt die absoluten Zahlenwerte beider Systemmodelle für die FE in den verschiedenen Phasen und das Gesamtergebnis der Berechnungen für die drei Wirkungskategorien GWP100, KEA und Wassernutzung. Die Entsorgung hat aufgrund der Gutschrift für T-Shirts, die noch weiterverwendet werden können, einen negativen Wert.

Tabelle 5: Ergebnisse der Berechnungen in Summe (Total) und nach Lebenswegphasen für die drei untersuchten Wirkungskategorien (GWP, KEA, Wassernutzung) jeweils im linearen Modell und Kreislauf-Modell.

	GWP100 in kg CO ₂ e		KEA in MJe		Wassernutzung in L	
	linear	Kreislauf	linear	Kreislauf	linear	Kreislauf
Total	184,7	130,8	2.839	2.023	131.875	81.884
Produktion	109,5	67,4	1.607	989	163.246	100.459
internationale						
Transporte	4,2	2,6	62	38	9	5
Distribution	3,5	5,8	58	97	10	17
Rückdistribution	4,1	13,7	63	213	13	43
Verpackung	3,9	2,9	98	73	90	72
Nutzung	108,1	68	1.686	1.056	5587	3449
Entsorgung						
(Gutschrift)	-48,6	-29,0	-735	-439	-37.081	-22.159

6.1. Treibhauspotential (GWP)

Durch die Nutzung des linearen Modells ergibt sich insgesamt ein GWP von 184,7 kg CO₂e, während die Nutzung des Kreislauf-Modells für 130,8 kg CO₂e verantwortlich ist (siehe *Tabelle 5*). Das sind im Kreislauf-Modell etwa 29 % weniger Treibhausgasemissionen als im linearen Modell. *Abbildung 9* zeigt die absoluten Werte der verschiedenen Phasen grafisch. Die Entsorgung liegt aufgrund der Gutschrift für weitergenutzte T-Shirts im negativen Bereich.

Sowohl beim linearen Modell als auch beim Kreislauf-Modell entsteht der größte Anteil des GWPs zu gleichen Teilen in der Produktionsphase und in der Nutzungsphase. In beiden Systemen sind Produktion und Nutzung gemeinsam für mehr als 80% des GWPs verantwortlich, während Transport, Distribution und Verpackung einen geringen Anteil ausmachen. Dennoch wird deutlich, dass der Anteil der Distribution und insbesondere der Rückdistribution im Kreislauf-Modell deutlich höher ist (*Abbildung 10*). Zur Darstellung der Anteile am GWP wurden die verteilten Gutschriften der Entsorgung den entsprechenden Phasen zugeteilt und tauchen nicht als eigene Phase in *Abbildung 10* auf, da es sich um einen negativen Wert handelt.

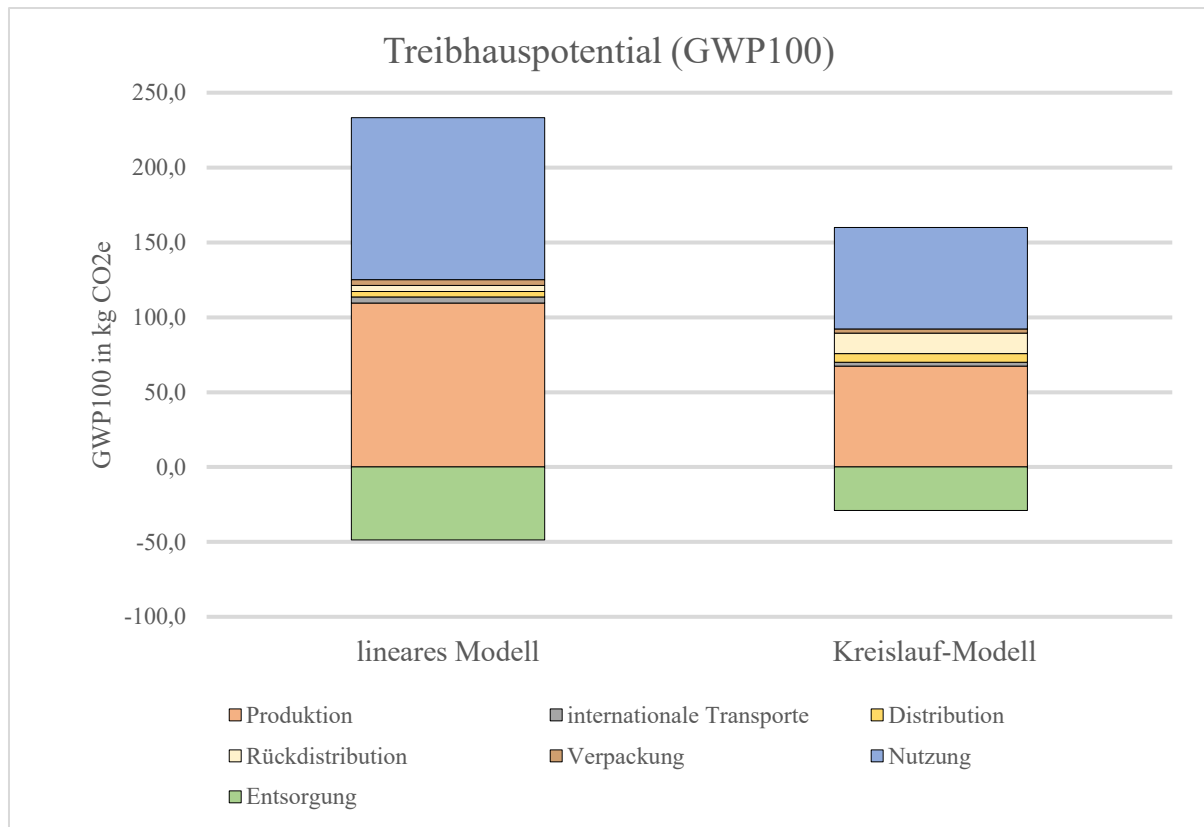


Abbildung 9: Treibhauspotential nach Lebenswegphasen für das lineare Modell und das Kreislauf-Modell. Das Treibhauspotential beträgt im linearen Modell insgesamt 184,7 kg CO₂e, im Kreislauf-Modell nur 130,8 kg CO₂e.

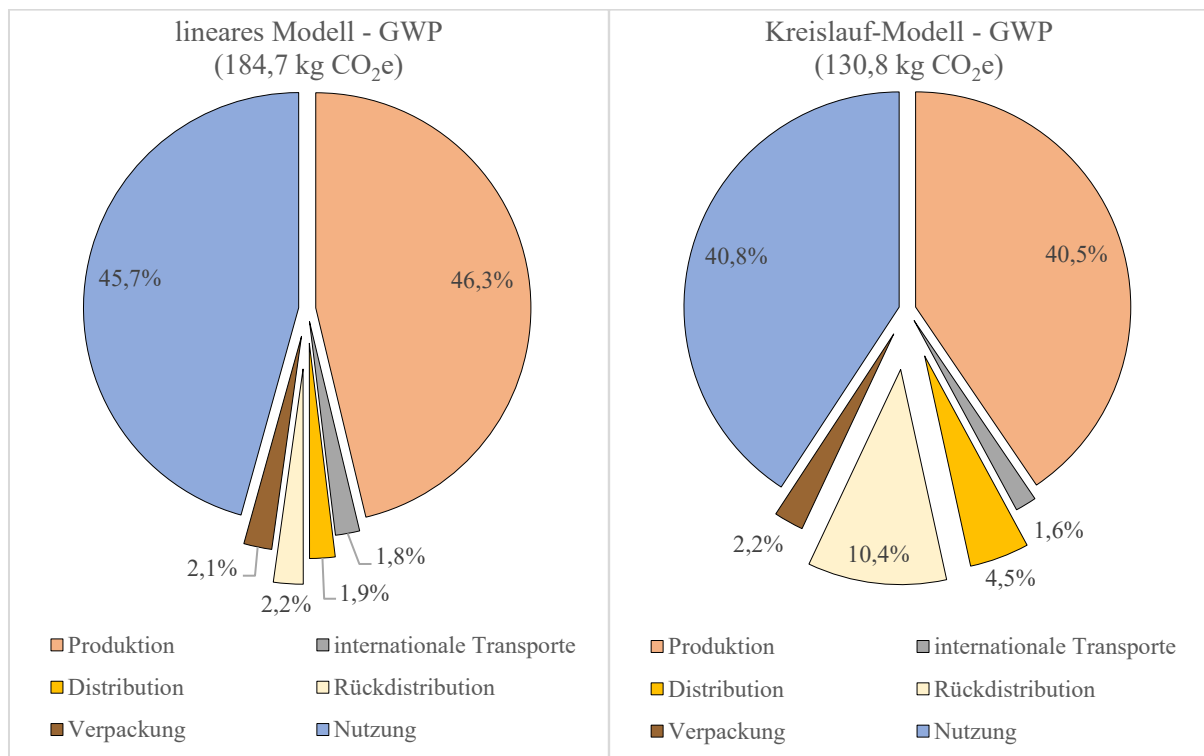


Abbildung 10: Anteile der einzelnen Lebenswegphasen am gesamten Treibhauspotential. Die Gutschriften wurden den jeweiligen Lebenswegphasen zugeteilt und tauchen deshalb nicht als Lebenswegphase im Kreisdiagramm auf.

6.2. Kumulierter Energieaufwand (KEA)

Der KEA beträgt im linearen Modell 2.839 MJe, wohingegen im Kreislauf-Modell der Wert auch in dieser Wirkungskategorie mit 2.023 MJe geringer ausfällt. Somit wird im Kreislauf-Modell etwa 29% weniger Energie benötigt als im linearen Modell. In *Abbildung 11* sind die absoluten Werte der Lebenswegphasen grafisch dargestellt.

Der größte Energieverbrauch findet in beiden Systemmodellen in der Nutzungsphase statt, dicht gefolgt von der Produktionsphase, deren Anteil nur geringfügig kleiner ist (siehe *Abbildung 12*). Im Kreislauf-Modell tragen, abgesehen von den internationalen Transporten, die übrigen Lebenswegphasen mit einem höheren Anteil zum KEA bei als im linearen Modell. *Abbildung 12* zeigt die prozentuale Verteilung grafisch. Auch hier wurde die Entsorgung den entsprechenden Phasen gutgeschrieben.

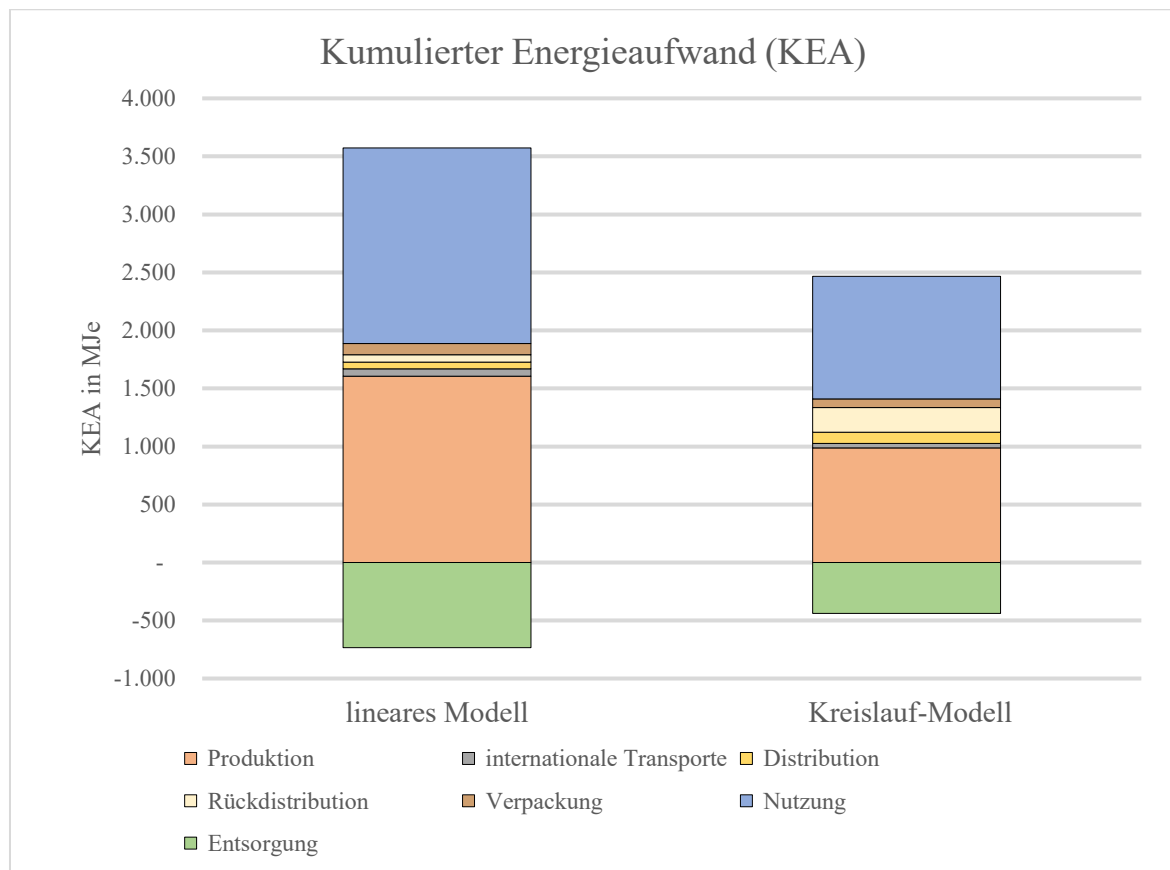


Abbildung 11: Kumulierter Energieaufwand nach Lebenswegphasen für das lineare Modell und das Kreislauf-Modell. Der KEA beträgt im linearen Modell insgesamt 2.839 MJe, im Kreislauf-Modell nur 2.023 MJe.

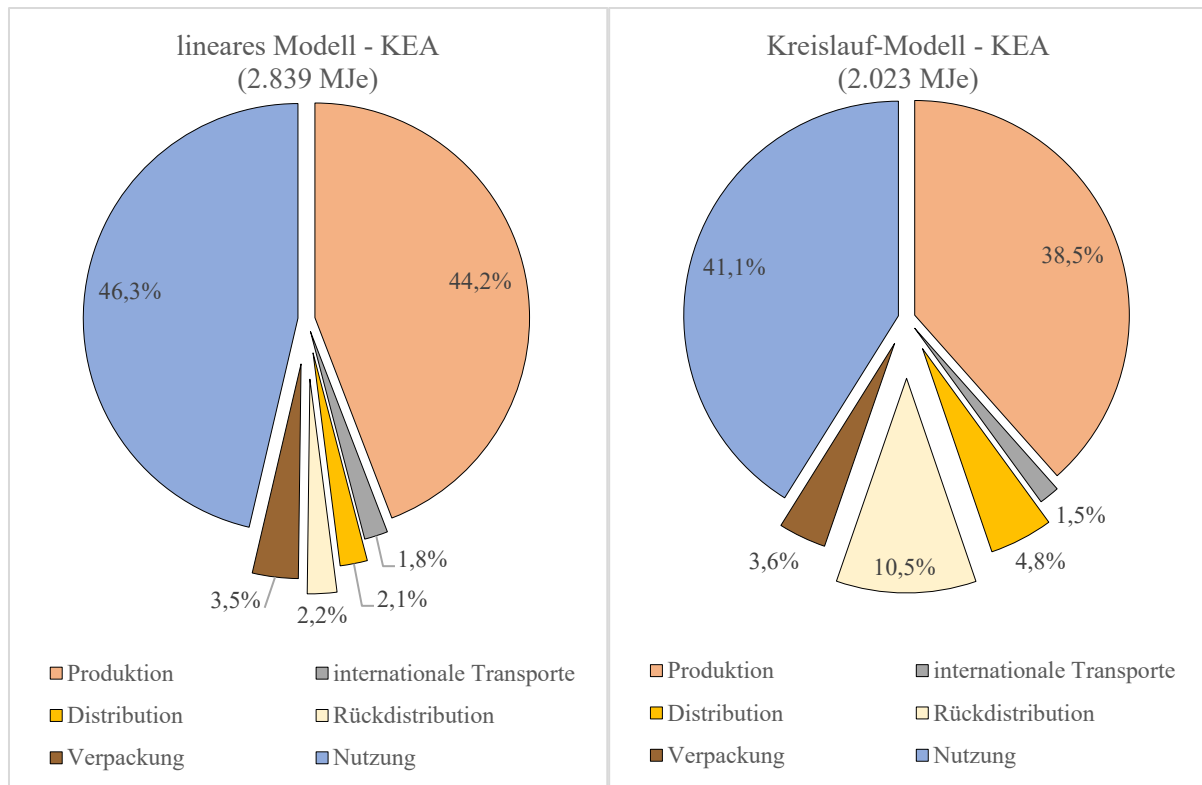


Abbildung 12: Anteile der einzelnen Lebenswegphasen am kumulierten Energieaufwand. Die Gutschriften wurden den jeweiligen Lebenswegphasen zugeteilt und tauchen deshalb nicht als eigene Lebenswegphase im Kreisdiagramm auf.

6.3. Wassernutzung

Im linearen Modell werden 131.875 L Wasser benötigt, im Kreislauf-Modell sind es hingegen 81.884 L und somit werden etwa 38% weniger Wasser benötigt. *Abbildung 13* sind die absoluten Zahlenwerte der Lebenswegphasen zu entnehmen, wobei deutlich zu sehen ist, dass die große Mehrheit an Wasser bei der Produktion benötigt wird. In beiden Systemen liegt der Anteil der Produktion an der Wassernutzung bei fast 97%, während die Nutzung etwa 3% ausmacht und die restlichen Lebenswegphasen jeweils unter 1% liegen (siehe *Abbildung 14*).

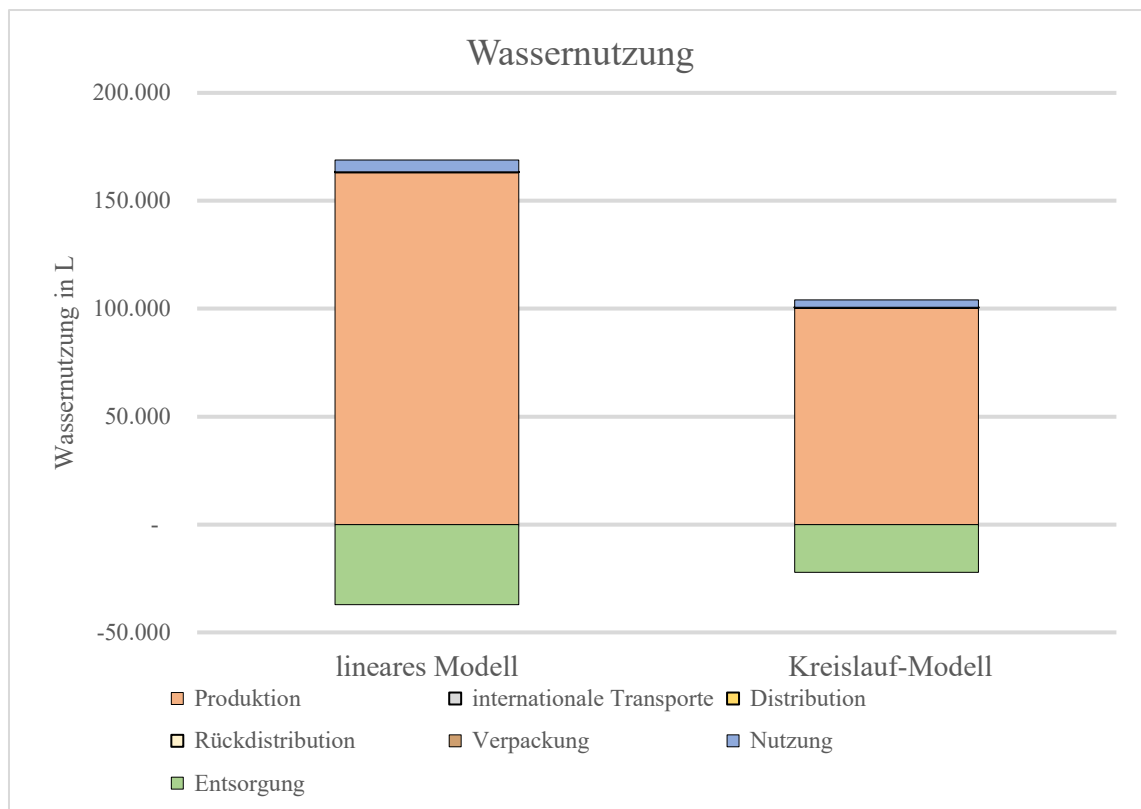


Abbildung 13 Wassernutzung nach Lebenswegphasen für das lineare Modell und das Kreislauf-Modell. Die Wassernutzung beträgt im linearen Modell 131.875 L, im Kreislauf-Modell nur 81.884 L.

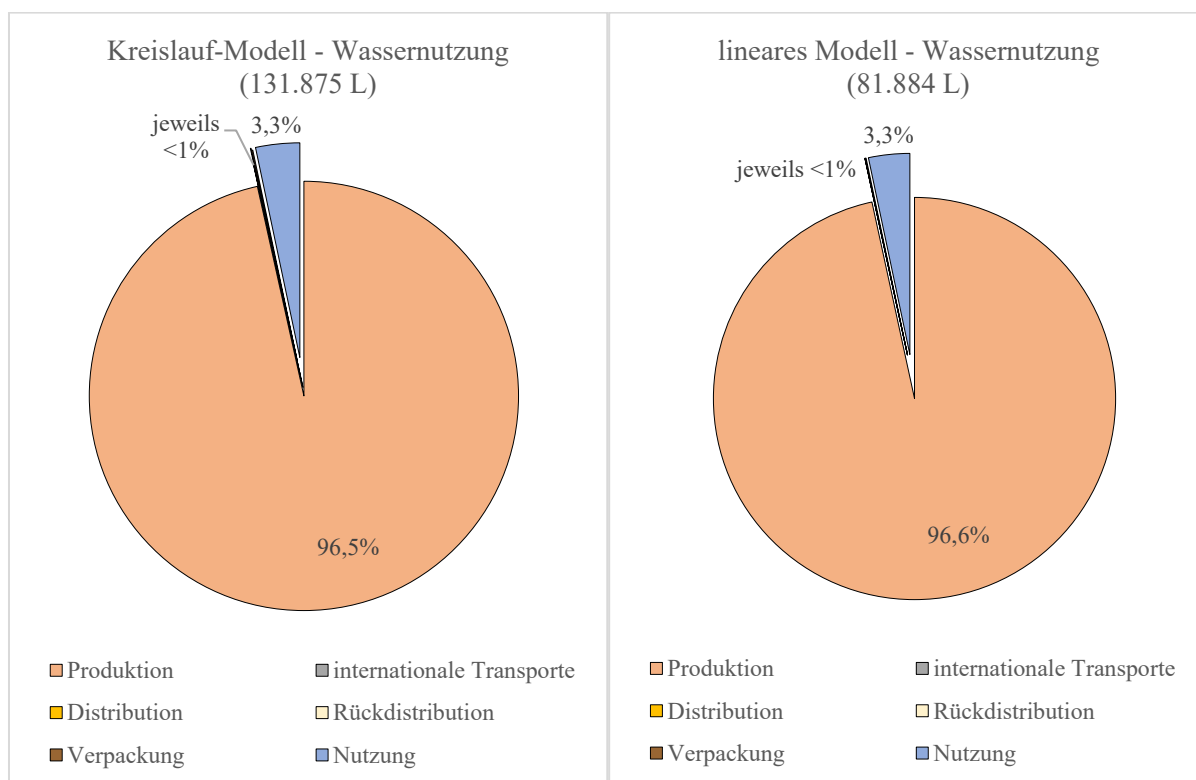


Abbildung 14: Anteile der einzelnen Lebenswegphasen an der Wassernutzung. Die Gutschriften wurden den jeweiligen Lebenswegphasen zugeteilt und tauchen deshalb nicht als eigene Lebenswegphase im Kreisdiagramm auf.

7. Diskussion

7.1. Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen die quantifizierten Umweltwirkungen „des Konsums und der Nutzung von Baumwoll-T-Shirts in 15 Monaten“ (FE) durch ein konventionelles, lineares Geschäftsmodell („lineares Modell“) und durch ein innovatives Kreislaufgeschäftsmodell („Kreislauf-Modell“) am Beispiel des Praxispartners „Stay Awhile“. Es wird deutlich, dass die Umweltwirkungen für die Nutzung des Kreislaufgeschäftsmodells in allen untersuchten Wirkungskategorien geringer sind. Die Ergebnisse zeigen, dass jeweils 29% des GWPs und des KEAs bei der Nutzung des Kreislauf-Modells eingespart werden. Bei der Wassernutzung liegt der Wert sogar 38% niedriger als im linearen Modell. Es kann also bestätigt werden, dass die Nutzung des innovativen Kreislaufgeschäftsmodells „Kleidung leihen“ ökologische Vorteile im Vergleich zu einem konventionellen, linearen Geschäftsmodell hat.

Eine zentrale Rolle spielt dabei der verringerte Kleidungsbedarf bei der Nutzung des Kreislauf-Modells (vgl. Johnson, 2020; Sandin & Peters, 2018). Das Potential des Kreislaufgeschäftsmodells liegt darin, das Bedürfnis nach modischer Kleidung mit hoher Abwechslung zu befriedigen, also die Funktion zu erfüllen, ohne dass ständig neue Kleidung gekauft werden muss. Die geliehene Kleidung ersetzt also die gekaufte Kleidung oder zumindest einen Teil davon. So kann die Nutzung der Kleidung intensiviert werden und der Bedarf an neuer Kleidung sinkt (vgl. Iran & Schrader, 2017). Die Ergebnisse der Kundenbefragung zeigen, dass die Nutzung des Kreislaufgeschäftsmodells den Kauf von Kleidung nicht vollständig ersetzen kann. Jedoch trägt sie dazu bei, den Bedarf an neuer Kleidung um etwa 38% zu reduzieren. Diese Reduktion führt für Baumwoll-T-Shirts zu einer Verringerung des GWPs und des KEAs um jeweils 29%. Diese Schlussfolgerung deckt sich in etwa mit den Ergebnissen von Johnson (2020), nach denen eine Substitution gekaufter Kleidung mit geliehener Kleidung um 33% in einer Einsparung des GWPs um 27% resultiert. Daneben spiegelt die Reduktion des Kleidungsbedarfs (38%) die Verringerung der Wassernutzung (38%) fast eins zu eins wider, da annähernd die gesamte Wassermenge in der Produktionsphase benötigt wird und der Kleidungsbedarf in direktem Zusammenhang mit der Produktionsmenge steht.

Der Anteil der Produktionsphase an der Wassernutzung ist in beiden Systemmodellen gleich hoch (97%). Das Wasser wird vor allem beim Baumwollanbau, beim Spinnen und beim Färben des Textils in China benötigt. WRAP (2017) berichtet von einem ähnlich hohen Anteil der

Produktionsphase. Die Nutzungsphase hat mit 3% einen verhältnismäßig kleinen Einfluss auf die Wassernutzung, obwohl beim Waschen ein großer Wasserbedarf erwartet wurde. Dabei ist zu beachten, dass in der Nutzungsphase mit 5.587 L bzw. 3.449 L trotzdem eine große Menge Wasser benötigt wird, auch wenn diese Menge im Verhältnis zur Produktionsphase sehr klein ist. Die verbleibenden Lebenswegphasen (internationale Transporte, Distribution, Verpackung) machen sowohl absolut als auch relativ nur einen geringen Teil des benötigten Wassers aus.

Im Gegensatz dazu verteilen sich das GWP und der KEA etwas mehr über die verschiedenen Lebenswegphasen des T-Shirts. Die Umweltlasten sind in beiden Wirkungskategorien recht ähnlich aufgeteilt, da die Bereitstellung von Energie meist mit Treibhausgasemissionen verknüpft ist. In beiden Systemmodellen sind die Produktions- und die Nutzungsphase der T-Shirts die Hauptverursacher des GWPs und des KEAs, auch wenn im Kreislauf-Modell die Distributionsphase einen deutlich höheren Anteil aufweist als im linearen Modell. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da durch den regelmäßigen Tausch der geliehenen Kleidung viele Distributionen und Rückdistributionen anfallen. Insbesondere die Rückdistributionen sind jeweils für etwa 8% mehr Treibhausgasemissionen bzw. Energie verantwortlich. Einen großen Anteil daran hat die PKW-Strecke, wenn ein Paket von einem* einer Kund*in zur Versandstelle gebracht wird, da diese Strecke nur für wenige T-Shirts erfolgt und nur zu dem Zweck, das Paket zu retournieren. Wie sich das GWP und der KEA verändern, wenn diese Strecke nicht mit einem PKW zurückgelegt wird, wird im nachfolgenden Kapitel 7.2. beleuchtet. Auch absolut betrachtet hat die Distributionsphase (Distribution und Rückdistribution) im Kreislauf-Modell mit 19,5 kg CO₂e ein größeres GWP als das lineare Modell mit 7,6 kg CO₂e. Dieses zusätzliche GWP wird allerdings durch die Einsparungen in den anderen Lebenswegabschnitten kompensiert, sodass das Kreislauf-Modell letztendlich ein besseres Ergebnis erzielt als das lineare Modell (vgl. Ludmann, 2018). Beim KEA verhält es sich ähnlich, sodass das Kreislauf-Modell einen Vorteil hat, obwohl für die Distributionsphase 189 MJe mehr Energie benötigt wird. Zu bemerken ist außerdem, dass trotz der zahlreichen Distributionen im Kreislauf-Modell das GWP und der KEA der Verpackung geringer sind, da die Kartons beim „Kleidung leihen“ jedes Mal retourniert werden.

Betrachtet man ein einzelnes T-Shirt, zeigen sich in jeder der Wirkungskategorien größere Umweltlasten im Kreislauf-Modell als im linearen Modell. Das GWP bspw. liegt für ein durchschnittliches T-Shirt im Kreislauf-Modell mit 5,5 kg CO₂e höher als im linearen Modell mit 4,7 kg CO₂e. Die höheren Durchschnittswerte entstehen, weil die Umweltwirkungen der Distributionsphase trotz der geringeren Menge an T-Shirts größer sind. Die übrigen

Lebenswegphasen dagegen stimmen in beiden Modellen pro T-Shirt fast überein. Das zeigt erneut, dass der Vorteil des Kreislaufgeschäftsmodells in der Verringerung des Kleidungsbedarfs liegt und das „Kleidung leihen“ erst sinnvoll ist, wenn dadurch eine gewisse Kaufmenge eingespart wird.

Da das lineare Modell einem typischen, linearen Ökobilanz-Ansatz entspricht („von der Wiege bis zur Bahre“; engl.: „cradle-to-grave“), können die Ergebnisse für ein Baumwoll-T-Shirt den Ergebnissen aus der Literatur gegenübergestellt werden. Es ist anzumerken, dass die Annahmen und Rahmenbedingungen (bspw. Gewicht eines T-Shirts, Anzahl der Waschzyklen, etc.) in jeder ökobilanziellen Analyse von den Autoren selbst ermittelt und festgelegt werden und sich deswegen die Ergebnisse nur bedingt vergleichen lassen (vgl. Piontek & Müller, 2018). Trotzdem können die Werte Hinweise liefern, ob sich die Ergebnisse in einer ähnlichen Größenordnung befinden. Kazan et al. (2020) berichten von einem GWP von 4,1 kg CO₂e pro Baumwoll-T-Shirt (gewebt), Cotton Inc. (2016) von 4,2 kg CO₂e und Zhang et al. (2015) von 4,9 kg CO₂e. Systain Consulting GmbH (2009) gibt mit 9,2 kg CO₂e einen etwas höheren GWP für ein T-Shirt an. Das selbst errechnete GWP von 4,7 kg CO₂e liegt nahe an der Mehrheit der Literaturwerte. Für den KEA und die Wassernutzung liegen die Literaturdaten ebenfalls in einer ähnlichen Größenordnung (Cotton Inc., 2016; Steinberger et al., 2009). Die Literatur validiert also die Berechnungen dieser Arbeit. Für die ökobilanzielle Analyse eines Kreislaufgeschäftsmodells, bei dem Kleidung gegen eine monatliche Gebühr geliehen wird, liegen keine vergleichbaren Literaturdaten vor, da diese Arbeit zum ersten Mal Ergebnisse für ein Kreislaufgeschäftsmodell dieser Art basierend auf empirischen Nutzer*innendaten für Deutschland liefert.

7.1.1. Ergebnisse der Berechnung mit „Umberto LCA+“

Mit den im Methodik-Teil beschriebenen Annahmen wurden in der Software „Umberto LCA+“ beide Systemmodelle modelliert, um die Ergebnisse zu überprüfen. „Umberto LCA+“ ist eine komplexe Anwendung, mit der Ökobilanzen durchgeführt werden können. Der Vorteil besteht darin, dass Datensätze aus „ecoinvent“ direkt integriert werden können und die Software deswegen sehr genaue Ergebnisse liefert. Allerdings ist es sehr kompliziert und umständlich, Literaturdaten in das Programm einzugeben, wenn keine passenden Datensätze vorhanden sind. Im Rahmen dieser Arbeit war es deshalb nicht möglich, den KEA und die Wassernutzung mit „Umberto LCA+“ zu berechnen. Lediglich das GWP konnte näherungsweise ermittelt werden. Das GWP für das lineare Modell (Modellierung siehe Anhang E) beträgt nach Berechnung mit „Umberto LCA+“ 191 kg CO₂e, liegt also etwa 6 kg CO₂e über dem Ergebniswert. Im

Kreislauf-Modell (Modellierung siehe Anhang E) liegt das GWP mit 128 kg CO₂e leicht unter dem eigens berechneten Wert von 130,8 kg CO₂e. Dazu sei gesagt, dass sich die Modellierung von Kreisläufen extrem komplex gestaltet und daher Ungenauigkeiten entstehen können. Nichtsdestotrotz liegen die Ergebnisse mit „Umberto LCA+“ in einer ähnlichen Größenordnung und bestätigen somit die eigens berechneten Ergebnisse.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass das Kreislaufgeschäftsmodell in allen untersuchten Wirkungskategorien ökologische Vorteile bietet, auch wenn die Distributionslasten im Vergleich zu einer konventionellen Onlinebestellung deutlich höher sind. Die zusätzlichen Lasten werden jedoch durch die Reduktion des Kleidungsbedarfs überkompensiert. Im nachfolgenden Kapitel werden die Ergebnisse betrachtet, wenn die Werte für bestimmte Variablen variieren.

7.2. Sensitivitätsanalyse

Ziel der Sensitivitätsanalyse ist die „Einschätzung der Wirkungen der getroffenen Auswahl an Methoden und Daten auf die Ergebnisse einer Studie“ (DIN EN ISO, 2021, S.13). Aufgrund des Umfangs dieser Arbeit können nicht alle getroffenen Annahmen überprüft werden. Deshalb wurden drei Variablen ausgewählt, die in der Realität durch das Nutzer*innenverhalten sehr unterschiedlich sein können und somit schwierig zu modellieren sind. Diese sind:

- Anzahl der Waschzyklen (der gekauften T-Shirts)
- Trocknungsrate
- PKW-Strecke bei der Rückdistribution

Für diese Variablen werden verschiedene Szenarien kreiert und die daraus resultierenden Ergebnisse für beide Systemmodelle dargestellt.

7.2.1. Anzahl der Waschzyklen (der gekauften T-Shirts)

Die Anzahl der Waschzyklen für gekaufte T-Shirts gleicht der für geliehene T-Shirts. Das impliziert, dass die gekauften T-Shirts genau so intensiv genutzt werden wie die Geliehenen. Die Kund*innen gaben allerdings an, geliehene Kleidung tendenziell häufiger zu nutzen als Kleidung, die sie besitzen (Gilges, 2020; Hoch, 2020). Deshalb wird davon ausgegangen, dass die 48 Waschzyklen für gekaufte T-Shirts einem hohen Nutzungsszenario entsprechen. In den folgenden Diagrammen (*Abbildungen 15, 16, 17*) werden die Ergebnisse vergleichend für geringere Nutzungsszenarien dargestellt (12, 24 und 36 Waschzyklen). Die Anzahl der Waschzyklen für geliehene T-Shirts bleibt konstant. Wie erwartet steigen die Umweltwirkungen für alle drei Wirkungskategorien mit der Anzahl der Waschzyklen. Die

Ergebnisse zeigen, dass selbst wenn die gekaufte Kleidung extrem wenig genutzt wird, das Kreislauf-Modell ökologische Vorteile hat.

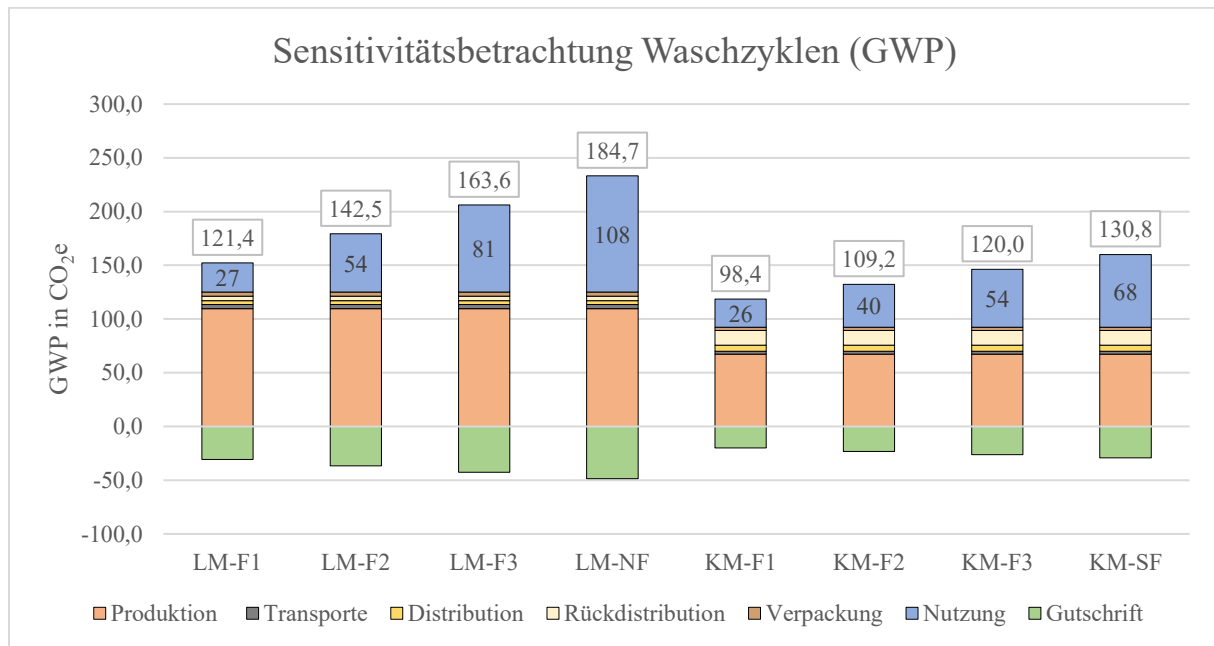


Abbildung 15: GWP für das lineare Modell (LM) und das Kreislauf-Modell (KM) für verschiedene Fälle des Waschens: Fall 1 (F1): 12 Waschzyklen; Fall 2 (F2): 24 Waschzyklen; Fall 3 (F3): 36 Waschzyklen; Standardfall (SF): 48 Waschzyklen.

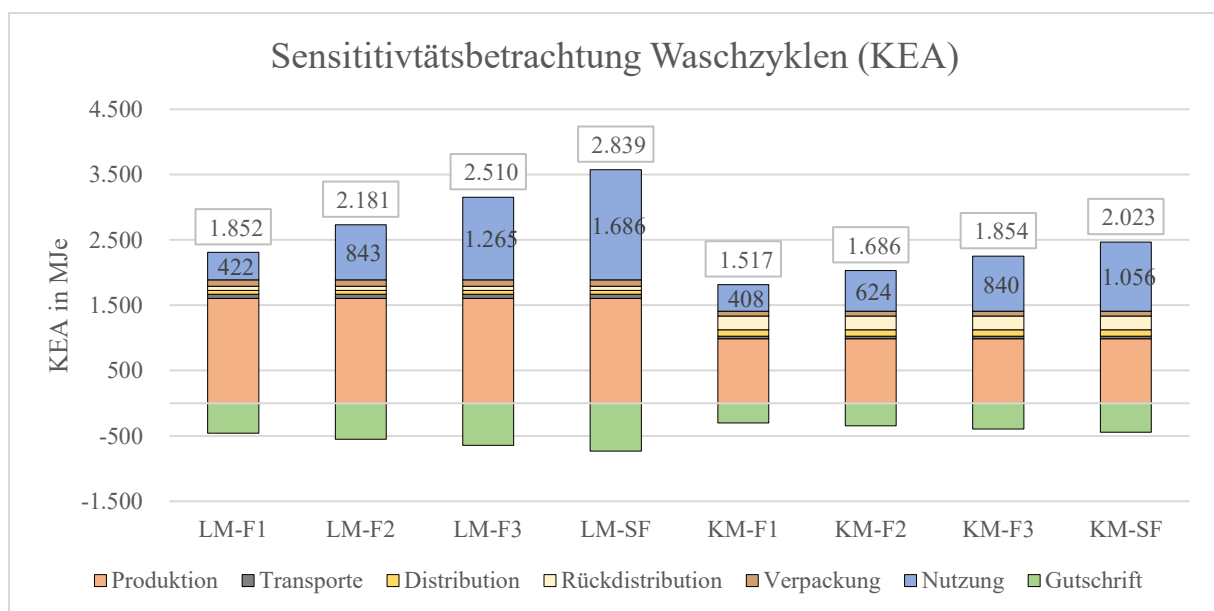


Abbildung 16: KEA für das lineare Modell (LM) und das Kreislauf-Modell (KM) für verschiedene Fälle des Waschens: Fall 1 (F1): 12 Waschzyklen; Fall 2 (F2): 24 Waschzyklen; Fall 3 (F3): 36 Waschzyklen; Standardfall (SF): 48 Waschzyklen.

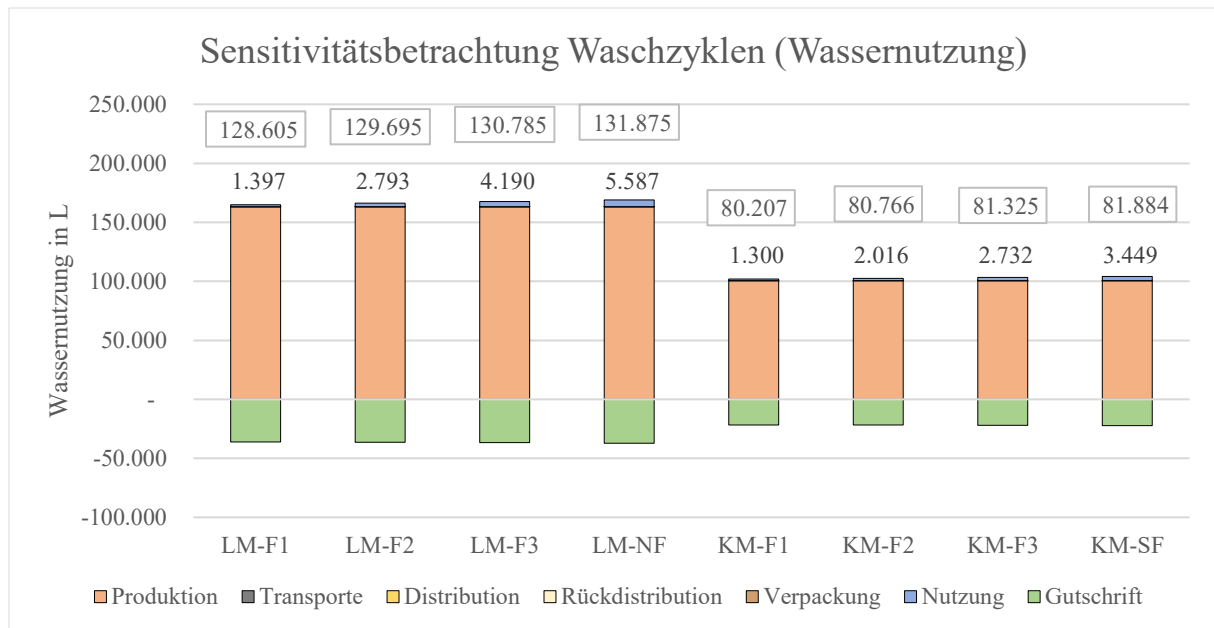


Abbildung 17: Wassernutzung für das lineare Modell (LM) und das Kreislauf-Modell (KM) für verschiedene Fälle des Waschens: Fall 1 (F1): 12 Waschzyklen; Fall 2 (F2): 24 Waschzyklen; Fall 3 (F3): 36 Waschzyklen; Standardfall (SF): 48 Waschzyklen.

7.2.2. Trocknungsrate

Die Nutzung eines Maschinentrockners kann ebenfalls stark variieren, zumal nur etwa 43% der deutschen Haushalte einen Wäschetrockner besitzen (destatis, 2021). *Abbildungen 18, 19 und 20* zeigen die Ergebnisse der Umweltbewertung für den Fall keiner Trocknernutzung (Fall 1), für den Standardfall (36% Nutzungsrate) und für den Fall, wenn bei jedem Waschzyklus ein Maschinentrockner genutzt wird (Fall 2). Es ist zu beachten, dass sich die Trocknung nach dem Waschen beim Unternehmen nicht verändert, sondern nur das Nutzer*innenverhalten. Die Auswirkungen der Benutzung eines Trockners zeigen sich erwartungsgemäß deutlich am KEA und am GWP (vgl. A. Lehmann et al., 2019; Steinberger et al., 2009).

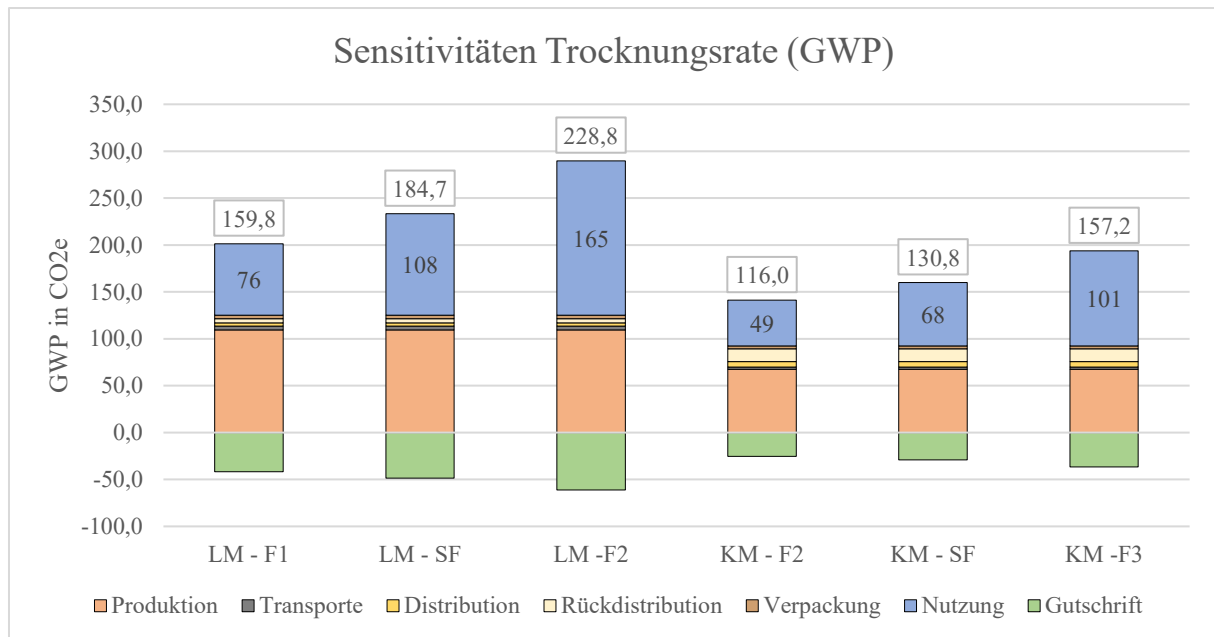


Abbildung 18: GWP des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der Trocknernutzung: Fall 1 (F1): keine Trocknernutzung (Nutzungsrate 0%); Standardfall (SF): durchschnittliche Trocknernutzung (Nutzungsrate 36%); Fall 2 (F2): hohe Trocknernutzung (Nutzungsrate 100%).

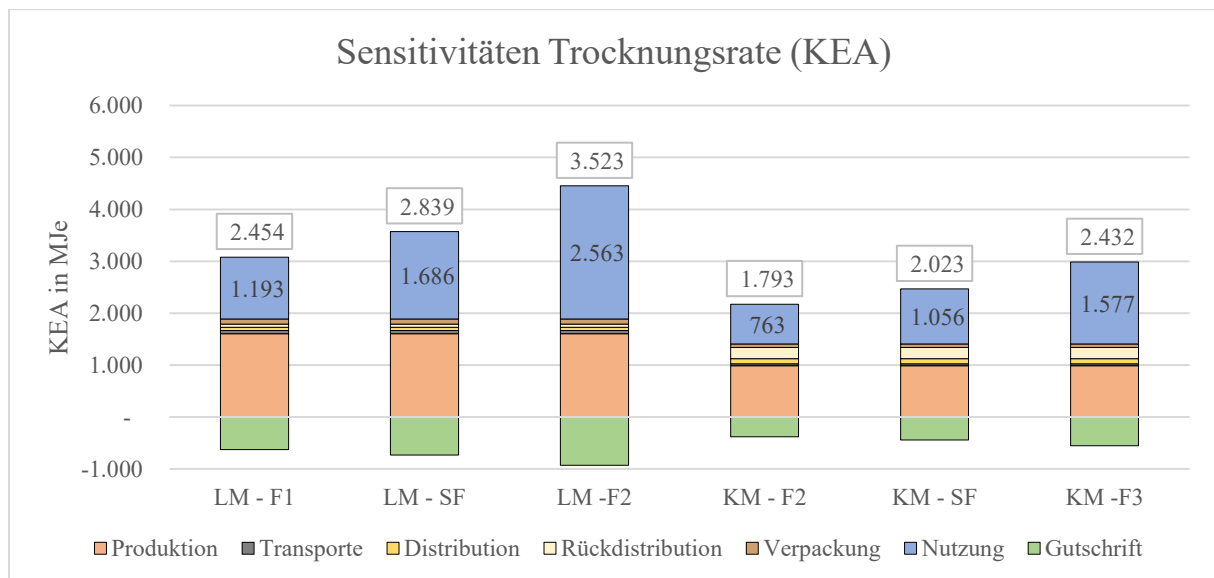


Abbildung 19: KEA des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der Trocknernutzung: Fall 1 (F1): keine Trocknernutzung (Nutzungsrate 0%); Standardfall (SF): durchschnittliche Trocknernutzung (Nutzungsrate 36%); Fall 2 (F2): hohe Trocknernutzung (Nutzungsrate 100%).

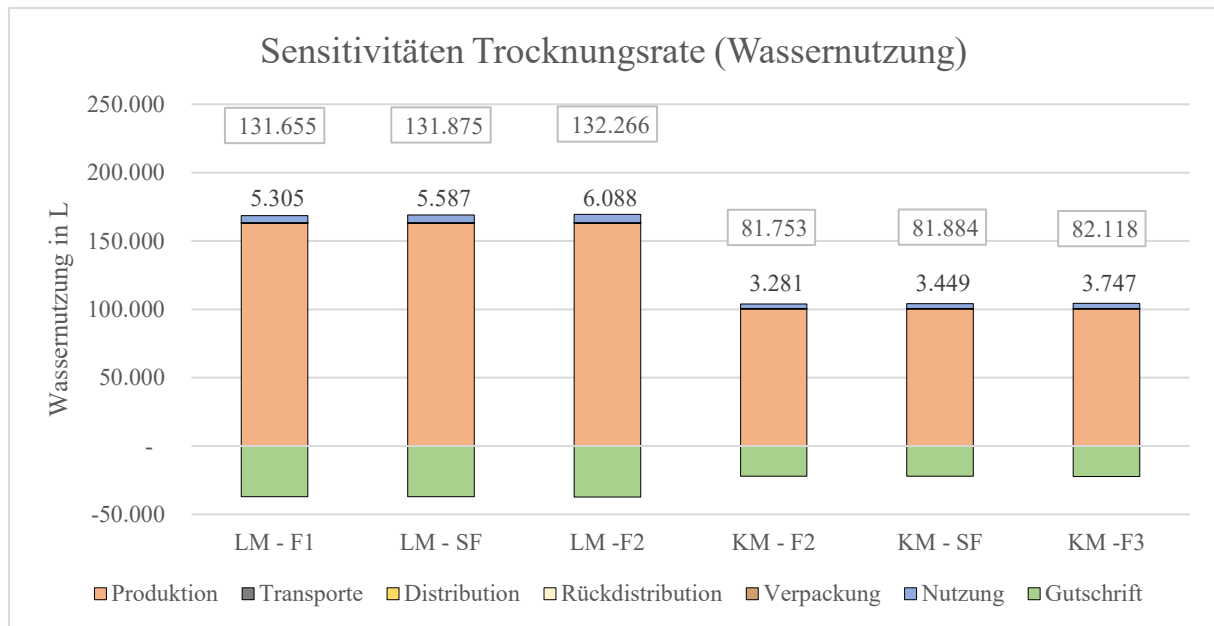


Abbildung 20: Wassernutzung des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der Trocknernutzung: Fall 1 (F1): keine Trocknernutzung (Nutzungsrate 0%); Standardfall (SF): durchschnittliche Trocknernutzung (Nutzungsrate 36%); Fall 2 (F2): hohe Trocknernutzung (Nutzungsrate 100%).

7.2.3. PKW-Strecke

Die Strecke von den Kund*innen zur Versandstelle bei der Rückdistribution kann ebenfalls stark variieren. Hier werden die Fälle untersucht, wenn die Strecke 5 km beträgt (Fall 2) und wenn die Strecke nicht mit dem PKW, sondern bspw. zu Fuß zurückgelegt wird (Fall 1). Mit steigender Strecke nimmt der KEA und das GWP erwartungsgemäß zu (siehe Abbildungen 21, 22, 23). Das zeigt den hohen Einfluss der Rückdistribution besonders im Kreislauf-Modell und unterstreicht, wie wichtig die Entscheidung zwischen Zu-Fuß-Gehen oder PKW ist (vgl. Zamani et al., 2017).

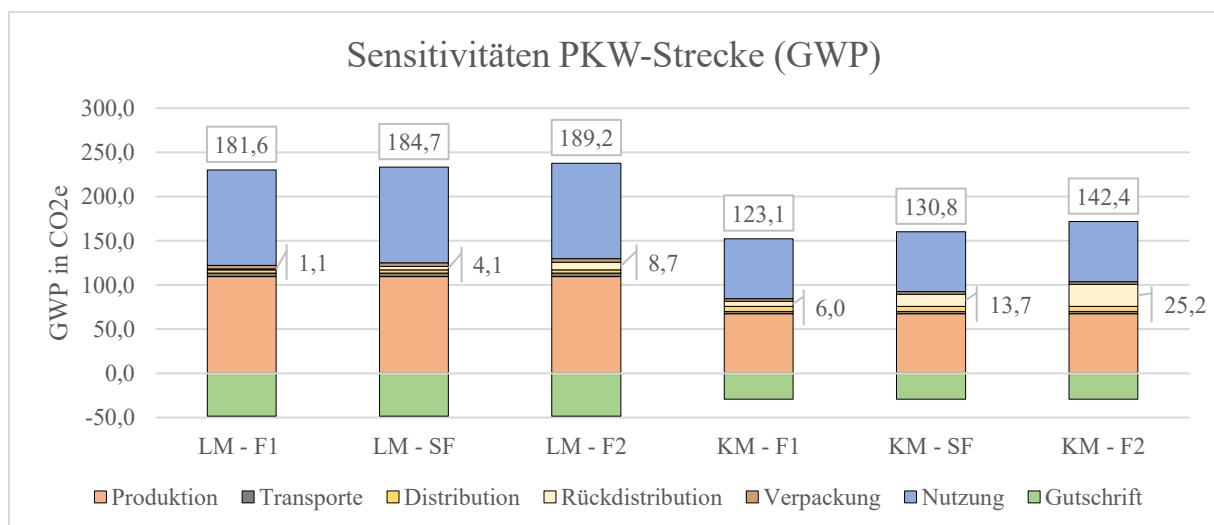


Abbildung 21: GWP des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der PKW-Strecke: Fall 1 (F1): zu Fuß (0 km); Standardfall (SF): kurze Strecke (2 km); Fall 2 (F2): lange Strecke (5 km).

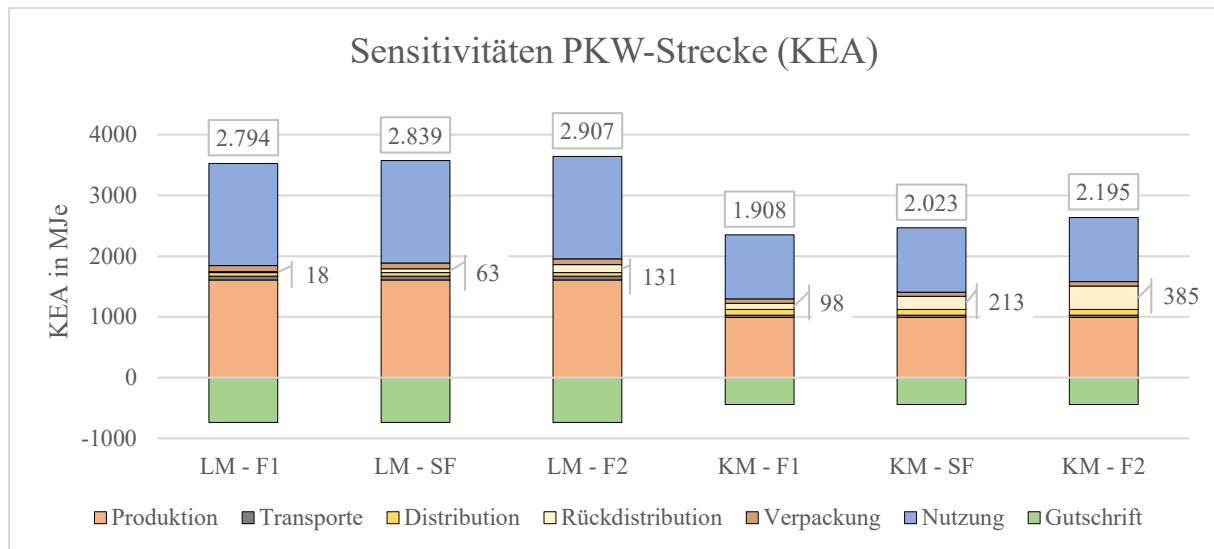


Abbildung 22: KEA des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der PKW-Strecke: Fall 1 (F1): zu Fuß (0 km); Standardfall (SF): kurze Strecke (2 km); Fall 2 (F2): lange Strecke (5 km).

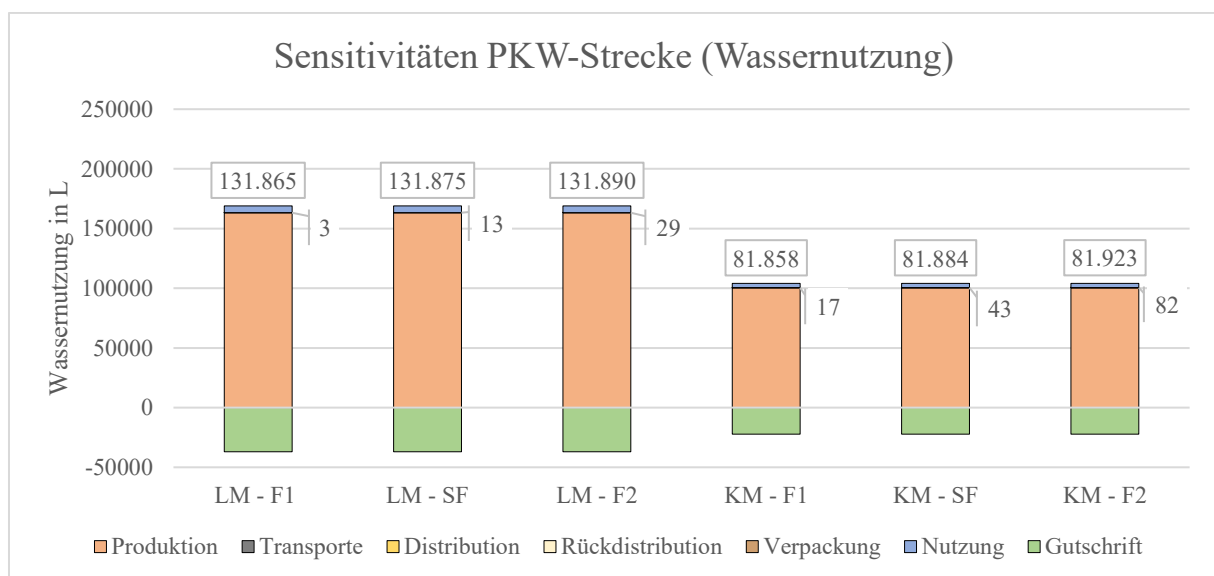


Abbildung 23: Wassernutzung des linearen Modells (LM) und des Kreislauf-Modells (KM) für verschiedene Fälle der PKW-Strecke: Fall 1 (F1): zu Fuß (0 km); Standardfall (SF): kurze Strecke (2 km); Fall 2 (F2): lange Strecke (5 km).

7.3. Kritische Betrachtung

In diesem Abschnitt werden die Methodik und die Ergebnisse dieser Arbeit kritisch betrachtet und Grenzen der Arbeit aufgezeigt. Zu Beginn wird kurz erläutert, wie die Systemmodelle entstanden sind.

Ziel der Arbeit war es anfangs, das konventionelle „Kleidung kaufen“ gegen das innovative „Kleidung leihen“ zu bilanzieren. Allerdings zeigte sich schnell, dass ein geliehenes T-Shirt keinen ökologischen Vorteil gegenüber einem gekauften T-Shirt haben kann und der Vorteil

des Leihens in der Substitution der Kleidungskäufe liegt (vgl. Sandin & Peters, 2018). Zudem gaben die Kund*innen an, trotz des Leihens Kleidung zu kaufen. Somit wurde als Lösung ein nutzer*innenbezogenes Systemmodell kreiert, in das das Kaufen von Kleidung integriert ist.

7.3.1. Funktion und funktionelle Einheit

Um beide Systemmodelle vergleichen zu können, ist eine Funktionsgleichheit erforderlich. Bei einem nutzer*innenbezogenen Systemmodellen gestaltet sich die Bestimmung einer Funktion schwierig, da Bedürfnisse und Konsummuster individuell unterschiedlich sind (Johnson, 2020; Ludmann, 2018). Zudem musste mit den im Projektkontext vorliegenden Daten (Gilges, 2020; Hoch, 2020) gearbeitet werden. Mithilfe der spezifischen Zielgruppe von „Stay Awhile“ wurde eine allgemeine Funktion für durchschnittliche Nutzer*innen festgelegt, die das Bedürfnis nach regelmäßig wechselnder, modischer Bekleidung befriedigt. Diese Funktion erscheint plausibel, jedoch ist nicht gegeben, dass das Leihen von Kleidung nicht weitere Funktionen erfüllt bzw. andere Bedürfnisse befriedigt.

Als FE ergibt sich daraus „der Konsum und die Nutzung von Baumwoll-T-Shirts in 15 Monaten“. Ein T-Shirt aus Baumwolle mit einem Gewicht von 200 Gramm wurde als repräsentatives Kleidungsstück gewählt, anhand dessen die Umweltwirkungen quantifiziert wurden. Es ist offensichtlich, dass dies nicht die Realität widerspiegelt, denn es werden verschiedenste Kleidungsstücke (bspw. Schuhe, Hosen, etc.) konsumiert. Diese können vor allem in Material und Gewicht stark variieren und somit zu ungleichen Umweltlasten führen. Nichtsdestotrotz wird vermutet, dass das Kreislaufgeschäftsmodell einen ökologischen Vorteil aufweist, da der Bedarf sinkt. Eine Ökobilanz für den Konsum verschiedenster Kleidungsstücke durchzuführen ist methodisch kaum umsetzbar, weswegen zur Modellierung das T-Shirt gewählt wurde.

7.3.2. Nutzer*innendaten und Kleidungsbedarf

Einige der getroffenen Annahmen basieren auf den im Projektkontext erhobenen Nutzer*innendaten (Gilges, 2020; Hoch, 2020). Die Stichprobe umfasst 65 Frauen, von denen zum Zeitpunkt der Datenerhebung 24 Probanden das Angebot von „Stay Awhile“ aktiv nutzten oder ihr Abonnement pausiert hatten. Diese Untergruppe wurde für die Analyse des Kund*innenverhaltens herangezogen, um geeignete Annahmen zu treffen. Diese Stichprobe ist sehr klein und aus statistischer Sicht nicht repräsentativ. Aufgrund der Neuheit des Kreislaufgeschäftsmodells liegen jedoch keine sonstigen Daten vor. Zudem soll die Umweltbetrachtung für den Praxispartner „Stay Awhile“ durchgeführt werden, sodass trotz kleiner Stichprobengröße die Umfrageergebnisse verwendet wurden. Unter anderem wurde die

Menge gekaufter Kleidung vor und während der Nutzung mittels der Datenerhebung bestimmt. Ein Auszug mit den für diese Arbeit relevanten Umfrageergebnissen befindet sich im Anhang F.

Der Kleidungsbedarf des „Kleidung leihen“ wurde aus einer Kund*innenperspektive bestimmt, durch die anteilige Nutzung von 4 T-Shirts für 10 Verleihe plus ein beschädigtes T-Shirt. Diese Variante wurde gewählt, da sich auch die gekaufte Kleidung nur auf den Konsum und die Nutzung einer Person bezieht. Eine andere Möglichkeit ist die Ermittlung des Kleidungsbedarfs aus einer Unternehmensperspektive. Dafür werden die Produktflüsse im Unternehmen analysiert und durch die Anzahl der Kund*innen dividiert. Da Unternehmensdaten nur für den Bekleidungsverleih vorlagen, wurde die Kund*innenperspektive gewählt.

7.3.3. Weitere Annahmen

Gebrauchtkäufe: In beiden Systemmodellen werden die Gebrauchtkäufe vereinfacht als „halbe Neukäufe“ betrachtet. Diese Annahme entspricht zwar in einigen Punkten der Realität, allerdings nicht in allen. Zwar werden bei der Annahme, dass ein Kleidungsstück einmal weitergegeben werden kann, tatsächlich die Umweltlasten der Produktion und der Internationalen Transporte auf zwei Personen aufgeteilt und auch die Anzahl der Waschzyklen verteilt sich auf zwei Personen. Allerdings impliziert diese Annahme auch eine Halbierung der Distributions- und Verpackungslasten. Faktisch kommen durch den Kauf von Gebrauchtware aber zusätzliche Distributions- und Verpackungslasten hinzu, denn die Kleidung muss von dem*der ersten zum*zur zweiten Nutzer*in transportiert werden. Des Weiteren können gebraucht erworbene Kleidungsstücke nicht noch einmal weitergegeben werden, da sie ihr Lebensende bei dem*der zweiten Nutzer*in erreichen. Um die Folgen noch realitätsnäher abschätzen zu können, müsste also in beide Systemmodellen ein komplexes Subsystem für Gebrauchtware integriert werden, das den Rahmen dieser Arbeit allerdings überschritten hätte.

Gutschrift für weiterverwendbare T-Shirts: Eine ähnliche Problematik ergibt sich für die als Gebrauchtware weitergenutzten T-Shirts, für die eine Gutschrift für 50% der Produktions-, internationalen Transport- und Nutzungslasten vergeben wird. Die Gutschrift wird nur für diese Lebenswegphasen vergeben, weil für weiterverkaufte T-Shirts zusätzlich Distributions- und Verpackungslasten entstehen, wenn es zum*zur nächsten Nutzer*in versandt wird. Diese zusätzlichen Umweltwirkungen werden nur ungefähr integriert. Bei T-Shirts, die privat an Freunde oder Familie weitergegeben werden, werden hingegen auch die Distributions- und Verpackungslasten halbiert. Dieser Fall wurde in dieser Arbeit nicht gesondert betrachtet, sondern ebenfalls wie bei weiterverkauften T-Shirts verfahren. Da der Konsum und die

Entsorgung von Bekleidung komplex sind, wäre, um exaktere Gutschriften für weitergenutzte T-Shirts verteilen zu können, das bereits angesprochene Subsystem für Gebrauchtware sinnvoll.

Waschen: In dieser Arbeit wurde angenommen, dass auch die gekauften T-Shirts bis zu ihrem Lebensende nach 48 Waschzyklen genutzt wird. Das könnte einer Überschätzung der Nutzung und somit der Waschzyklen widerspiegeln, da Kleidungsstücke häufig schon vor ihrem eigentlichen Lebensende entsorgt werden, obwohl sie noch nutzbar wären (Wahnbäck et al., 2015). Allerdings könnte dieser Wert auch unterschätzt sein, da die Ansprüche an geliehene Kleidung höher ist und diese somit früher entsorgt werden muss, als das bei gekauften der Fall ist. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass Waschkhäufigkeit mit den Umweltlasten in einem linearen Zusammenhang steht (vgl. A. Lehmann et al., 2019). Wird ein Kleidungsstück vor der Entsorgung weniger getragen und gewaschen, so sinken auch die Umweltlasten des Kleidungsstückes in der Nutzungsphase, auch wenn davon auszugehen ist, dass diese Einsparung durch einen Mehrkonsum an neuen Kleidungsstücken kompensiert wird. Die Kund*innen von „Stay Awhile“ gaben an, die geliehene Kleidung häufiger zu nutzen als Kleidungsstücke, die sie besitzen. Aus dieser Angabe konnte jedoch kein Zahlenwert hergeleitet werden, um die Berechnungen zu stützen. Um die Nutzungsintensität und -dauer und somit die Waschkhäufigkeit erworbener Kleidungsstücke genau zu ermitteln, werden umfassendere Nutzer*innendaten benötigt, die nicht Gegenstand der projektinternen Datenerhebung waren.

Die Waschkhäufigkeit kann auch je nach Kleidungsstück stark variieren (Steinberger et al., 2009). So mag die Annahme von 48 Waschzyklen bei einem T-Shirt realistisch sein, wohingegen diese Annahme für eine Jacke womöglich überschätzt wäre.

Entsorgung: Der Lebensweg eines Kleidungsstücks nach der Entsorgung ist komplex. Die Entsorgung kann je nach Entsorgungsoption verschiedenste Umweltwirkungen haben, obwohl hier vereinfacht nur eine Gutschrift für Gebrauchtware vergeben wurde. So kann bspw. die Müllverbrennung für Treibhausgasemissionen verantwortlich sein, während gleichzeitig aber thermische Energie zurückgewonnen wird (van der Velden et al., 2014). Da die Umweltlasten der Entsorgung in der Literatur meist recht gering oder sogar negativ sind (A. Lehmann et al., 2019; van der Velden et al., 2014; Zhang et al., 2015) und der Rahmen dieser Arbeit begrenzt war, wurde hier dieser vereinfachte Ansatz gewählt. Weiterführende Forschung könnten das Lebensende der T-Shirts noch genauer beleuchten.

Abschließend zur kritischen Betrachtung der Annahmen ist anzumerken, dass eine Ökobilanz immer mit Annahmen einhergeht, da es unmöglich ist, alle Daten zu erfassen und die Realität unverändert abzubilden (Baumann & Tillman, nach Johnson, 2020). Daher ist eine Ökobilanz mit gewissen Unsicherheiten verbunden, auch wenn versucht wird, diese möglichst gering zu halten.

7.3.4. Wirkungsabschätzung

In dieser Arbeit wurden die Ergebnisse für die Wirkungskategorien GWP, KEA und Wassernutzung präsentiert. Diese Wirkungskategorien geben einen Eindruck über die ökologischen Auswirkungen der Systemmodelle, spiegeln jedoch nicht das gesamte Spektrum wider. Um ein Gesamtbild der Umweltwirkungen zu erhalten, könnten weiterführende Forschungen das innovative Kreislaufgeschäftsmodell „Kleidung leihen“ in weiteren Wirkungskategorien untersuchen. Es wird angenommen, dass sich die Verteilung der Wirkungen auf die Lebenswegphasen je nach Wirkungskategorie verändert. So wird beispielweise beim Baumwollanbau ein hohes Versauerungspotential (AP) und große Landnutzung (LU) erwartet (A. Lehmann et al., 2019), während beim Färben ein hoher abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) erwartet wird (A. Lehmann et al., 2019; Zhang et al., 2015).

7.4. Schlussfolgerungen

Was die Ergebnisse dieser Studie in der Praxis für die Bekleidungsbranche bedeuten, soll in diesem Abschnitt erläutert werden.

Prinzipiell zeigt diese Arbeit, dass es ökologisch sinnvoll ist, das Kreislaufgeschäftsmodell „Kleidung leihen“ nach dem Konzept von „Stay Awhile“ in der Bekleidungsindustrie zu etablieren. Das Modell führt zu einer Konsumänderung, sodass weniger Kleidung benötigt wird und damit auch die verbundenen Umweltlasten reduziert werden. Das stützt die Annahme von Tukker (2004, 2015), dass nutzungsorientierte PSS vor allem dann ein Nachhaltigkeitspotential haben, wenn ein Großteil der Umweltlasten aus der Produktion resultiert. Der Kauf neuer Kleidung kann durch den CFC Subtyp „B2C-Renting“ verringert werden und so zur Nachhaltigkeit beitragen. Jedoch gibt es einige Einschränkungen, die beachtet werden müssen.

Eine wichtige Rolle spielt die Zielgruppe (Gilges, 2020; Hoch, 2020). Die demografischen Daten der Kund*innen zeigen, dass der Kleidungsverleih vor allem in Haushalten genutzt wird, deren insgesamtes Einkommen zwischen 3000 € und 4500 € liegt (siehe Anhang F). Pro Monat werden durchschnittlich 103,92€ für Kleidung ausgegeben. Dass der Kleidungsverleih mit etwa

50€ pro Monat die Hälfte dieser Kosten ausmacht, lässt vermuten, dass für die Bereitschaft zur Nutzung des Angebots ein recht hohes Budget für Kleidung vorhanden sein muss. Im Vergleich zu vielen Verkaufspreisen von „Fast Fashion“ ist das eine Menge Geld. Passend hierzu schreiben Iran & Schrader (2017, S.13): “In a world where costs for renting a designer dress for a weekend are often higher than the price for buying a cheap new one from fast fashion retailers, renting is not likely to become a dominant consumption practice”.

Des Weiteren zeichnet die Zielgruppe einen hohen Modekonsum mit stetiger Abwechslung aus. Es ist unwahrscheinlich, dass Menschen den Kleidungsverleih nutzen, die keinen Wert auf Mode legen. Wie groß die Verbreitung der Nutzer*innengruppe in der Gesellschaft ist und damit das ökologische Potential, ist nicht Gegenstand dieser Arbeit, aber ein wichtiger Ansatzpunkt für weitere Untersuchungen.

Bei Personen, die generell einen geringen, nachhaltigen Modekonsum verfolgen, bringt das Kreislaufgeschäftsmodell keine ökologischen Vorteile, da der Kleidungsbedarf sowieso schon gering ist. Durch das Leihen von Kleidung würden eventuell zusätzliche Lasten entstehen. Um die Frage zu beantworten, ab welcher Konsummenge das Leihen von Kleidung sinnvoll ist, sind weitere Forschungen nötig.

Das Verleihen von Kleidung ist nur sinnvoll, wenn diese hochwertig ist und oft verliehen werden kann. Verliehene Bekleidung sollte dementsprechend für eine lange Lebensdauer designed werden. Für den stetig wachsenden Kleidungsbedarf und die damit verbundenen Folgen für die Umwelt ist mitunter „Fast Fashion“ verantwortlich. Die Qualität dieser Kleidung ist häufig nicht hochwertig, sodass ein Verleih wahrscheinlich nicht rentabel wäre.

Wie schon erwähnt, entstehen die Einsparungen der Umweltlasten vor allem durch den verminderten Kleidungsbedarf. Die Grundlage dafür schafft die Aufteilung der Nutzung eines Kleidungsstücks auf 10 verschiedene Kund*innen beim Verleih. Das setzt allerdings voraus, dass es genügend Kund*innen gibt, die die Kleidungsstücke miteinander teilen können. Bei 4 Kleidungsstücken pro Verleih und 10 Tauschvorgängen sind im festgelegten Zeitraum mindestens 40 verschiedene Kleidungsstücke pro Kund*in nötig, sofern kein Kleidungsstück länger als eine Verleihdauer genutzt wird oder gekauft wird. Das bedeutet, dass hypothetisch mindestens 40 Kund*innen das Angebot von „Stay Awhile“ nutzen müssen, damit der Kleidungsbedarf und damit auch ein Großteil der Umweltlasten nur ein Zehntel betragen. Damit zusätzlich eine Auswahl an Kleidungsstücken besteht, werden noch mehr Kund*innen benötigt. Diese Überlegungen zeigen, dass das Verleih Modell erst ab einer gewissen Zahl an

Nutzer*innen ökologisch rentabel ist, damit sich die Umweltlasten durch das Sharing verteilen können.

Unabhängig vom Kleidungsverleih belegt der große Anteil des Waschens und Trocknens an den Umweltwirkungen die Wichtigkeit der Nutzungsphase. Die Verantwortung dieser Lebenswegphase liegt in den Händen der Nutzer*innen, die mit ihrem Waschverhalten (bspw. Waschtemperatur, Beladungsmenge), dem Anteil der Maschinentrocknung und der Nutzungsrate eines Bügeleisens die Umweltlasten maßgeblich beeinflussen können (A. Lehmann et al., 2019; Piontek & Müller, 2018; Remy et al., 2016; Rüdenauer et al., 2006; Steinberger et al., 2009; Systain Consulting GmbH, 2009; WRAP, 2017). Ein nachhaltiges Waschverhalten ist deshalb zu empfehlen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass es fraglich ist, ob das Kreislaufgeschäftsmodell „Kleidung leihen“ in der gesamten Gesellschaft Einzug finden wird, da es recht spezifisch ist. Allerdings ist es durchaus sinnvoll, das Kreislaufgeschäftsmodell umzusetzen, da zumindest in der Zielgruppe deutliche ökologische Vorteile erzielt werden können.

8. Fazit

In dieser Arbeit wurde zuerst ein Überblick über Ökobilanzen in der Bekleidungsindustrie sowie über Kreislauf-Wirtschaft und verwandte Konzepte gegeben. Es wird deutlich, dass die Bekleidungsindustrie der Umwelt in großem Maß schadet, es allerdings Ansätze in Form von neuartigen Geschäftsmodellen gibt, die zur Nachhaltigkeit beitragen können. Quantitative Daten sind allerdings rar, weswegen diese Arbeit die Nutzung eines innovativen Kreislaufgeschäftsmodells ökobilanziell untersucht hat.

Für das Geschäftsmodell „Kleidung leihen“ nach dem Vorbild des Praxispartners „Stay Awhile“ und für ein konventionelles, lineares Geschäftsmodell nach dem Prinzip einer Onlinebestellung wurden Systemmodelle kreiert. Die Umweltwirkungen der Systemmodelle wurden quantifiziert und vergleichend gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass innovative Kreislaufgeschäftsmodell ökologisch vorteilhaft im Vergleich zu einem linearen Geschäftsmodell ist. Deshalb erscheint es sinnvoll, das Leihen von Kleidung in der Gesellschaft zu etablieren. Das Verbreitungspotential in der breiten Gesellschaft ist allerdings fraglich, da die Zielgruppe recht spezifisch ist. Dies ist ein wichtiger Ansatzpunkt für weitere Forschungen.

Die Sensitivitätsbetrachtungen zeigen den Einfluss des Nutzer*innenverhaltens auf die Umweltwirkungen. Diese Erkenntnis steht in Einklang mit der analysierten Literatur (siehe Kapitel 2.5.). Unabhängig vom Geschäftsmodell sollten Nutzer*innen für die Auswirkungen ihres Wasch- und Mobilitätsverhaltens sensibilisiert und nachhaltige Verhaltensweisen gefördert werden.

Auch wenn das Leihen von Kleidung ökologische Verbesserungen mit sich bringt, so ist es keine Pauschallösung zur Nachhaltigkeit. Für ihren Kleidungskonsum und das Nutzungsverhalten sind Konsument*innen letztendlich selbst verantwortlich. Deswegen ist es essentiell, zusätzlich zur Etablierung innovativer Geschäftsmodelle, nachhaltige Verhaltensweisen zu fördern, um die Umweltkrise bewältigen zu können.

9. Literaturverzeichnis

- Ahlmann. (2020). *Herausforderungen des Second Hand Marktes*. Fairwertung.
- Armstrong, C., & Lang, C. (2014). Sustainable Product Service Systems: The New Frontier in Apparel Retailing? *Research Journal of Textile and Apparel*, 17, 1–12. <https://doi.org/10.1108/RJTA-17-01-2013-B001>
- Asdecker, B. (2021). *Statistiken Retouren Deutschland—Definition*. retourenforschung.de. http://www.retourenforschung.de/definition_statistiken-retouren-deutschland.html
- Bick, R., Halsey, E., & Ekenga, C. (2018). The global environmental injustice of fast fashion. *Environmental Health*, 17. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0433-7>
- Cherret, N., Barrett, J., Clemett, A., Chadwick, M., & Chadwick, M. J. (2005). *Ecological footprint and water analysis of cotton, hemp and polyester*. Stockholm Environment Institute. <https://www.sei.org/publications/ecological-footprint-water-analysis-cotton-hemp-polyester/>
- Claudio, L. (2007). *Waste couture: Environmental impact of the clothing industry*.
- Cotton Inc. (2012). *Life Cycle Assessment of Cotton Fiber and Fabric* [Full Report]. <https://cottoncultivated.cottoninc.com/wp-content/uploads/2015/06/2012-LCA-Full-Report.pdf>
- Cotton Inc. (2016). *LCA update of cotton fiber and fabric life cycle inventory* [Full Report]. <https://cottontoday.cottoninc.com/wp-content/uploads/2019/11/2016-LCA-Full-Report-Update.pdf>
- destatis. (2021). *Ausstattung privater Haushalte mit elektrischen Haushalts- und sonstigen Geräten—Deutschland*. Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Ausstattung-Gebrauchsgueter/Tabellen/liste-haushaltsgeraete-d.html>
- DIN EN ISO. (2021). *DIN EN ISO 14040:2021-02: Umweltmanagement—Ökobilanz—Grundsätze und Rahmwnbedingungen (ISO 14040:2006 +Amd 1:2020)*; Deutsches Institut für Normung, International Standardization Organisation.
- DVZ. (2021, März). *Größter Hafen der Welt nach Umschlagvolumen*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/29697/umfrage/umschlagvolumen-der-groessten-containerhaefen-der-welt/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/a-new-textiles-economy-redesigning-fashions-future>
- Farrant, L., Olsen, S., & Wangel, A. (2010). Environmental benefits from reusing clothes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 726–736. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0197-y>
- folientaschen.de. (2021, Mai 27). *LDPE Klappenbeutel—Transparent 50my—250x360 + 50mm—BFT Verpackungen GmbH*. folientaschen.de. https://www.folientaschen.de/LDPE-Klappenbeutel-transparent-50my_1

- Geisendorf, S., & Pietrulla, F. (2018). The circular economy and circular economic concepts—A literature analysis and redefinition. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 771–782. <https://doi.org/10.1002/tie.21924>
- Gensch, C.-O., & Blepp, M. (2015). *Betrachtungen zu Produktlebensdauer und Ersatzstrategien von Miele-Haushaltsgeräten*. Öko-Institut e.V. https://www.researchgate.net/publication/323174496_Betrachtungen_zu_Produktlebensdauer_und_Ersatzstrategien_von_Miele-Haushaltsgeraten Reflections on product lifetime and replacement strategies for Miele domestic appliances
- Gilges, M. (2020). Circular Economy in the Clothing Industry: Does Materialism preclude Consumers from Using Product-Service-Systems? *Master Thesis*.
- Goedkoop, M. (1999). *Product Service systems, Ecological and Economic Basics*. https://www.researchgate.net/publication/293825611_Product_Service_systems_Ecological_and_Economic_Basics
- Hoch, M. (2020). Circular economy in the clothing industry: A choice-based conjoint analysis on use-oriented product-service systems. *Master Thesis*.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Iran, S., & Schrader, U. (2017). Collaborative fashion consumption and its environmental effects. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 21, 00–00. <https://doi.org/10.1108/JFMM-09-2016-0086>
- Johnson, E. (2020). Dressing up the environmental potential for product-service systems: A comparative life cycle assessment on consumption in rental clothing vs. Linear business models. *IIIEE Master Thesis*. <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/9025941>
- Kazan, H., Akgul, D., & Kerc, A. (2020). Life cycle assessment of cotton woven shirts and alternative manufacturing techniques. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22(4), 849–864. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01826-x>
- La Rosa, A., & Grammatikos, S. (2019). *Comparative Life Cycle Assessment of Cotton and Other Natural Fibers for Textile Applications*. https://www.researchgate.net/publication/337261671_Comparative_Life_Cycle_Assessment_of_Cotton_and_Other_Natural_Fibers_for_Textile_Applications
- Lehmann, A., Roffeis, M., & Finkbeiner, M. (2019). *Ökobilanzielle Bewertung des Lebensweges eines handelsüblichen weißen Baumwolle T-Shirts in Deutschland*. TU Berlin. https://biooekonomie.de/sites/default/files/files/2020-02/oekobilanz_t-shirt.pdf
- Lehmann, M., Arici, G., Boger, S., Martinez-Pardo, C., Krueger, F., Schneider, M., Carrière-Pradal, B., & Schou, D. (2019). *Pulse of the fashion industry—2019 Update*. Global Fashion Agenda, Boston Consulting Group, and Sustainable Apparel Coalition.

- Lindahl, M., Sundin, E., & Sakao, T. (2014). Environmental and economic benefits of Integrated Product Service Offerings quantified with real business cases. *Journal of Cleaner Production*, 64, 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.047>
- Liu, Y., Huang, H., Zhu, L., Zhang, C., Ren, F., & Liu, Z. (2020). Could the recycled yarns substitute for the virgin cotton yarns: A comparative LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(10), 2050–2062. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01815-8>
- Ludmann, S. (2018). Ökologie des Teilens. *Bilanzierung der Umweltwirkungen des Peer-to-Peer Sharing*.
- Mont, O., Whalen, K., & Nußholz, J. (2019). *Sustainable Innovation in Business Models: Celebrated but not interrogated*. https://www.researchgate.net/publication/332947005_Sustainable_Innovation_in_Business_Models_Celebrated_but_not_interrogated
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>
- PEFCR. (2019). *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR)—T-shirts*. https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_tshirt.pdf
- Piontek, F., & Müller, M. (2018). *Literature Reviews: Life Cycle Assessment in the Context of Product-Service Systems and the Textile Industry*. 69. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.131>
- ports.com. (o. J.). *Port of Shanghai, China to Port of Hamburg, Germany sea route and distance*. Ports.com. Abgerufen 16. April 2021, von <http://ports.com/sea-route/port-of-shanghai,china/port-of-hamburg,germany/>
- Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *Circular Economy: Measuring innovation in the product chain*. https://www.researchgate.net/publication/319314335_Circular_Economy_Measuring_innovation_in_the_product_chain
- Remy, N., Speelman, E., & Swartz, S. (2016). *Style that's sustainable: A new fast-fashion formula*. McKinsey Global Institute.
- Roach-Higgins, M. E., & Eicher, J. B. (1992). Dress and Identity. *Clothing and Textiles Research Journal*, 10(4), 1–8. <https://doi.org/10.1177/0887302X9201000401>
- Rüdenauer, I., Eberle, U., & Griebhammer, R. (2006). *Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung Wäschewaschen—Vergleich des Waschens bei durchschnittlichen Waschtemperaturen mit Waschen bei niedrigeren Waschtemperaturen*. Öko-Institut e.V. <https://www.oeko.de/oekodoc/289/2006-008-de.pdf>
- Sandin, G., & Peters, G. M. (2018). Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. *Journal of Cleaner Production*, 184, 353–365. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.266>
- Statistisches Bundesamt. (2020). *Bekleidungsimporte: Wichtigste Herkunftsländer 2020*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/218179/umfrage/die-wichtigsten-importlaender-fuer-das-deutsche-bekleidungsgewerbe-nach-einfuhrwert/>

Steinberger, J. K., Friot, D., Jolliet, O., & Erkman, S. (2009). A spatially explicit life cycle inventory of the global textile chain. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(5), 443–455. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0078-4>

Systain Consulting GmbH. (2009). *Product Carbon Footprint Analyse von drei ausgewählten Textilien* [Ergebnisbericht]. <https://www.systain.com/einblicke/studien/carbon-footprint-von-bekleidung/>

Tukker, A. (2004). Eight Types of Product-Service System: Eight Ways to Sustainability? Experiences from Suspronet. *Business Strategy and the Environment* 13: 246 - 260. *Business Strategy and the Environment*, 13, 246–260. <https://doi.org/10.1002/bse.414>

Tukker, A. (2015). Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. *Journal of Cleaner Production*, 97, 76–91. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049>

USDA. (2020, Juni). *Erntemenge der führenden Anbauländer von Baumwolle weltweit 2020/21*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/187494/umfrage/produktion-von-baumwolle-im-jahr-2010-2011-nach-laendern/>

van der Velden, N. M., Patel, M. K., & Vogtländer, J. G. (2014). LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(2), 331–356. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0626-9>

Wahnbaeck, C., Brodde, K., & Groth, H. (2015). *Usage & Attitude Mode / Fast Fashion* [Ergebnisbericht]. Greenpeace.

WRAP. (2013). *Evaluating the financial viability and resource implications for new business models in the clothing sector*. Written by Martin Buttle, Deeti Vyas & Christopher Spinks. <https://wrap.org.uk/sites/default/files/2021-03/WRAP-evaluating-financial-viability-resource-implications-new-business-models-clothing-sector.pdf>

WRAP. (2017). *Mapping clothing impacts in Europe: The environmental cost*. prepared by Sarah Gray. <http://www.ecap.eu.com/wp-content/uploads/2018/07/Mapping-clothing-impacts-in-Europe.pdf>

Zamani, B., Sandin, G., & Peters, G. M. (2017). Life cycle assessment of clothing libraries: Can collaborative consumption reduce the environmental impact of fast fashion? *Journal of Cleaner Production*, 162, 1368–1375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.128>

Zhang, Y., Liu, X., Xiao, R., & Yuan, Z. (2015). Life cycle assessment of cotton T-shirts in China. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(7), 994–1004. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0889-4>

10. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Hausarbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle wörtlich oder dem Inhalt nach aus fremden Arbeiten entnommenen Stellen, bildlichen Darstellungen und dergleichen habe ich als solche genau kenntlich gemacht.

Landau, 15. Juli 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'M. J.', written over a horizontal line.

Ort, Datum, Unterschrift

Anhang A: Übersicht der getroffenen Annahmen

Alle Mengenangaben in Kilogramm

Kleidungsbedarf

Tabelle 6: Übersicht - Kleidungsbedarf in kg T-Shirts in 15 Monaten für das lineare Modell und Kreislauf-Modell

Kleidungsbedarf in kg T-Shirts für 15 Monate	Lineares Modell	Kreislauf-Modell
„Kleidung kaufen“	7,8 kg	4,0 kg
„Kleidung leihen“	-	0,8 kg
Total	7,8 kg	4,8 kg

Sonstige Annahmen:

- Ein T-Shirt kann 10-mal verliehen werden, bevor es entsorgt werden muss

Internationale Transporte

Distanzen

Tabelle 7: Übersicht – Distanzen der Internationalen Transporte

Stationen	Transportmittel	Distanz	Quelle	Anmerkung
Produktion → Hafen Shanghai	LKW (Lorry 16-32t)	1200 km	Eigene Berechnung mithilfe von „Google Maps“	Mittlere Distanz von Hauptanbaugebieten in China nach Shanghai; Annahme Verarbeitung liegt auf dem Weg, Umwege nicht berücksichtigt
Hafen Shanghai → Hafen Hamburg	Containerschiff (Containership)	22737 km	Ports.com	Suezkanal-Route
Hafen Hamburg → Lager	LKW (Lorry 16-32t)	280 km	Eigene Berechnung mit „Google Maps“	Lager von „StayAwhile“ liegt in Magdeburg

Sonstige Annahmen:

- Folgende Güter werden beim internationalen Transport berücksichtigt:
 - Verpackungskarton (1 kg)
 - Polybag (8,8 g)
 - T-Shirt (0,2 kg)

Distribution

Distanzen

Tabelle 8: Übersicht- Distanzen bei der Distribution

Stationen	Transportmittel	Distanz	Quelle	Anmerkung
Lager → Paketverteilerzentrum	Kleiner LKW (Lorry 3,5-7t)	300 km	Eigene Annahme	
Paketverteilerzentrum → Kunde	Kleintransporter (light duty vehicle)	50 km	Eigene Annahme	
Kunde → Versandstelle	PKW	2 km	Eigene Annahme	Strecke fällt pro Retoure an (Vgl. Ludmann, 2018)
Versandstelle → Paketverteilerzentrum	Kleintransporter (light duty vehicle)	48 km	Eigene Annahme	
Paketverteilerzentrum → Lager	Kleiner LKW (Lorry 3,5-7t)	300 km	Eigene Annahme	

Distribuierte Mengen und Retouren

Tabelle 9: Übersicht - Distribuierte Mengen und Retouren

	Lineares Modell	Kreislauf -Modell		Anmerkung
	„Kaufen“	„Kaufen“	„Leihen“	
Hin-distribution (Gewicht in kg)	10,6 kg (T-Shirts) +3,6 kg (Kartons) +0,47 kg (Polybag)	3,8 kg (T-Shirts) +0,8 kg (Kartons) +0,17 kg (Polybag)	14 kg (T-Shirts) +3,4 kg (Kartons)	36,6% mehr bestellt als gekauft (Beta- Retourenquote, Asdecker, 2021)
Rück-distribution (Gewicht in kg)	2,8 kg (T-Shirts) +1,6 kg (Kartons) +0,12 kg (Polybag)	1 kg (T-Shirts) +0,56 kg (Kartons) +0,04 kg (Polybag)	12,8 kg (T-Shirt) +3,4 kg (Kartons)	43,3% der Bestellungen retourniert (Alpha- Retourenquote, Asdecker, 2021)
Rück-distribution (Anzahl Retouren)	4,6	1,6	10	relevant für PKW-Strecken und Anzahl der retournierten Kartons

Sonstige Annahmen:

- Folgende Güter werden bei der Distribution berücksichtigt:
 - Verpackungskarton (0,34 kg)
 - Polybag, nur beim „Kleidung kaufen“ (8,8 g)
 - T-Shirt (0,2 kg)
- Pro Kilogramm bestellter Ware erfolgt eine Lieferung

Verpackung

Gewicht der Verpackungen

Tabelle 10: Übersicht - Gewicht der Verpackungen

Verpackung	Maße	Gewicht
Kartonbox (int. Transport)	590x410x310 mm	1 kg
Kartonbox (Distribution)	360x250x170 mm	0,34 kg
Polybag	360x250 + 50 mm	0,0088 kg

Bedarf an Verpackungen

Tabelle 11: Übersicht - Bedarf an Verpackungen

Verpackung	Lineares Modell	Kreislauf-Modell		Anmerkung
	„Kaufen“	„Kaufen“	„Leihen“	
Kartonbox (int. Transport)	0,78 kg	0,4 kg	0,08 kg	Gewicht anteilig für Transport eines T-Shirts berücksichtigt
Kartonbox (Distribution)	2,24 kg	0,82 kg	1,12 kg	Ein Karton kann beim „Kaufen“ unter Berücksichtigung der Alpha-Retourenquote durchschnittlich für 1,6 Lieferungen genutzt werden
Polybag	0,34 kg	0,17 kg	0,03 kg	Für jedes T-Shirt fällt genau ein Polybag an

Sonstige Annahmen:

- In einem Karton für internationale Transporte werden 50 T-Shirts transportiert
- Ein Karton bei der Distribution kann für 3 Lieferungen verwendet werden, sofern er retourniert wird
- Jedes T-Shirt wird vor den internationalen Transporten in einen Polybag verpackt

Nutzung / Waschen und Trocknen

- Jedes T-Shirt wird während seiner Lebensdauer 48-mal gewaschen
- Die Trocknungsrate beträgt 36%
- Im Unternehmen wird ein T-Shirt nach jedem Waschzyklus getrocknet

Entsorgung

Entsorgung beim „Kleidung kaufen“

Anteilig auf folgenden Wegen:

- Zur Altkleidersammlung geben & Spenden: 47%
- Verschenken/Weitergeben: 23%
- Verkaufen: 16%
- Wegwerfen/Müll: 14%

Entsorgung beim „Kleidung leihen“

Anteilig auf folgenden Wegen:

- Spenden: 33%
- Verkaufen: 33%
- Downcycling: 33%

Sonstige Annahmen:

- Für verkaufte, weitergegebene und 10% der gespendeten T-Shirts erfolgt eine Gutschrift in Höhe der Hälfte der Umweltlasten für Produktion, Herstellung und Waschen

Anhang B: Berechnungen zu Annahmen

Berechnungen zum Gewicht und zum Bedarf der Kartonboxen

Gewicht einer Kartonbox

Annahmen:

- Maße einer Kartonbox bei „Stayawhile“ 360x250x170mm
- Faltung von Kartonboxen immer ähnlich
- Maße und Gewicht einer großen, handelsüblichen, zweiwelligen Kartonbox: 590x410x310mm; 993g (eigene Messung)
- Die Maße der Kartonbox beim internationalen Transport stimmen in etwa mit der gemessenen Kartonbox überein

Berechnung:

- a) Berechnung der Oberfläche der handelsüblichen zweiwelligen Kartonbox:
 $590\text{mm} * 410\text{mm} * 2 + 590\text{mm} * 320\text{mm} * 2 + 410\text{mm} * 320\text{mm} * 2 = 1123800 \text{ mm}^2$
 $= 1,1238 \text{ m}^2$
- b) Berechnung der Flächendichte:
 $993\text{g} / 1,1238 \text{ m}^2 = 883,61 \text{ g/m}^2$
- c) Berechnung der Oberfläche und des Gewichts der Kartonbox bei „Stayawhile“:
 $360\text{mm} * 250\text{mm} * 2 + 360\text{mm} * 170\text{mm} * 2 + 250\text{mm} * 170\text{mm} * 2 = 387400 \text{ mm}^2$
 $= 0,3874 \text{ m}^2$
 $883,61 \text{ g/m}^2 * 0,3874 \text{ m}^2 = 342,31 \text{ g}$

Das Gewicht einer Kartonbox bei „Stayawhile“ beträgt ungefähr 340 Gramm, das Gewicht der Kartonbox beim internationalen Transport beträgt ungefähr 1000 Gramm.

Bedarf an Verpackungskartons beim „Kleidung kaufen“

Annahmen:

- Die Alpha-Retourenquote beträgt 43,3%
- Im festgelegten Zeitraum werden im linearen Modell 10,6 kg T-Shirts bestellt und im Kreislauf-Modell 3,8 kg T-Shirts
- Pro kg T-Shirts erfolgt eine Lieferung
- Ein Karton kann 3-mal verwendet werden

Berechnung:

- a) Ein Karton kann beim ersten Versand mit einer Wahrscheinlichkeit von 100% genutzt werden:
 $1 * 1 = 1 = 100\%$
- b) Derselbe Karton wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 43,3% retourniert und es kann damit eine zweite Lieferung erfolgen:
 $1 * 0,433 = 0,433 = 43,3\%$

- c) Derselbe Karton wird wiederum mit einer Wahrscheinlichkeit von 43,3% retourniert und es kann damit eine dritte und letzte Lieferung erfolgen
 $0,433 * 0,433 = 0,187 = 18,7\%$
- d) Addition:
 $1 * 1 + 1 * 0,433 + 1 * 0,187 = 1,62$
 → Mit einem Karton können also durchschnittlich ca. 1,6 Lieferungen durchgeführt werden
- e) Bei 10,6 kg bzw. 3,8 kg bestellten T-Shirts und einer Lieferung pro 1 kg T-Shirts:
 $10,6 \text{ (kg)} * 1 \text{ (Lieferung/kg)} = 10,6 \text{ (Lieferungen)}$
 bzw. $3,8 \text{ (kg)} * 1 \text{ (Lieferung/kg)} = 3,8 \text{ (Lieferungen)}$
- f) Damit lässt sich der Bedarf an Kartons für 10,6 bzw. 3,8 Lieferungen berechnen:
 $10,6 \text{ (Lieferungen)} / 1,6 \text{ (Lieferungen/Karton)} = 6,6 \text{ Kartons}$
 $3,8 \text{ (Lieferungen)} / 1,6 \text{ (Lieferungen/Karton)} = 2,4 \text{ Kartons}$

Für 10,6 Lieferungen werden im linearen Modell 6,6 Kartons benötigt, im Kreislauf-Modell für 3,8 Lieferungen 2,4 Kartons.

Anzahl der Retouren beim „Kleidung kaufen“

Annahmen:

- Pro kg bestellter T-Shirts erfolgt eine Lieferung
- Die Alpha-Retourenquote beträgt 43,3%
- Im festgelegten Zeitraum werden im linearen Modell 10,6 kg T-Shirts bestellt und im Kreislauf-Modell 3,8 kg T-Shirts

Berechnung

- a) Bei 10,6 kg bzw. 4 kg bestellten T-Shirts und einer Lieferung pro 1 kg T-Shirts:
 $10,6 \text{ (kg)} * 1 \text{ (Lieferung/kg)} = 10,6 \text{ (Lieferungen)}$
 bzw. $3,8 \text{ (kg)} * 1 \text{ (Lieferung/kg)} = 3,8 \text{ (Lieferungen)}$
- b) 43,3% der Lieferungen werden retourniert
 $10,6 \text{ (Lieferungen)} * 0,433 = 4,6 \text{ Retouren}$
 $3,8 \text{ (Lieferungen)} * 0,433 = 1,6 \text{ Retouren}$

Beim Kleidungskauf erfolgen im linearen Modell 4,6 Retouren, im Kreislauf-Modell 1,6 Retouren.

Berechnung der Distributionsmenge im Kreislauf-Modell

Annahmen:

- Beim „Kleidung leihen“ werden 7 (=1,4 kg) T-Shirts pro Verleih hin- und rückdistribuiert
- Im festgelegten Zeitraum finden 10 Tausche statt
- 6 (=1,2kg) neuwertige T-Shirts werden im festgelegten Zeitraum vom Verleih abgekauft
- Beim „Kleidung kaufen“ werden 20 (4 kg) T-Shirts gekauft, inklusive der vom Verleih abgekauften T-Shirts

- Es werden 36,4% (Beta-Retourenquote) mehr Kleidung bestellt als gekauft und dann retourniert

Berechnung:

„Kleidung leihen“:

- Für 7*10 T-Shirts findet eine Hin-Distribution statt = 70 T-Shirts = 14 kg T-Shirts
- Für 7*10 T-Shirts abzüglich der 6 abgekauften T-Shirts findet eine Rückdistribution statt = 64 T-Shirts = 12,8 kg T-Shirts

„Kleidung kaufen“:

- 20 T-Shirts – 6 T-Shirts = 14 T-Shirts = 2,8 kg T-Shirts werden unabhängig vom „Kleidung leihen“ gekauft
- Es werden 36,4% mehr bestellt und retourniert: $2,8 \text{ kg} * 0,363 = 1 \text{ kg T-Shirts}$
 → es werden 3,8 kg T-Shirts bestellt
 → es werden 1 kg T-Shirts retourniert

Eine Hin-Distribution findet insgesamt für $14 \text{ kg} + 3,8 \text{ kg} = 17,8 \text{ kg T-Shirts}$ statt. Die Rückdistribution erfolgt für $12,8 \text{ kg} + 1 \text{ kg} = 13,8 \text{ kg T-Shirts}$

Anhang C: Baumwoll-T-Shirt – Literaturdaten

Im Folgenden werden die gesammelten Literaturdaten für Baumwolle und Kleidung auf 1 kg normiert in einer Exceltabelle dargestellt. Die ausgewählten Daten sind in grün markiert. Anschließend sind die Werte in Diagrammen dargestellt, um sie besser vergleichen zu können.

Tabelle 12: normierte Literaturdaten für die Prozesse der Produktion eines T-Shirts

Produkt/Prozess	Literatur/Quelle	CED in MJ	GWP100 in kg CO ₂ e	Wassernutzung in m ³	Wasserverbrauch in m ³	Ort	Gewicht in kg	Faktor zum Umrechnen	Gewicht in Quelle in kg	Primärenergieverbrauch in MJ	CO ₂ -Äquivalente in kg	Wassernutzung in l	Wasserverbrauch in l
Baumwoll-Fasern/Baumwoll-Anbau	A spatially explicit LCI of the global textile chain (2009). Steinberger et al.	113,2	7,28	0	0	Indien	1,00	4,00	0,25	28,30	1,82		
	Ecological Footprint and Water Analysis of Cotton, Hemp and Polyester (2005). Cherret et al.	0	0	9,873	0	global average	1,00	1,00	1,00			9873,00	
	Der Carbon Footprint von Bekleidung (2009). Systain Consulting GmbH	0	5,720720721	0	0	USA	1,00	4,50	0,22		1,27		
	LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane (2014). Van der Velden et al.	50,4	3,474	0	0	China	1,00	1,00	1,00	50,40	3,47		
	Life Cycle Assessment of cotton T-Shirts in China (2015). Zhang et al.	0	1,551677282	5,927770701	0	China	1,00	4,25	0,2355		0,37	1395,99	
	Comparative Life Cycle Assessment of Cotton and Other Natural Fibers for Textile Applications (2019). La Rosa und Grammatikos	68,5	2,446	0	0	kA	1,00	0,00	1000,00	68500,00	2446,00		
	Life cycle assessment of Cotton and Fabric (2012). Cotton Inc.	15	0,268	2,74	2,12	global average	1,00	0,00	1000,00	15,000	268	2,740,000	2,120,000
	LCA update of Cotton and Fabric (2016). Cotton Inc.	13,72	1,326	2,235	1,559	global average (China, Indien, USA, Australien)	1,00	0,00	1000,00	13,720	1326	2,235,000	1,559,000
	Life cycle assessment of cotton woven shirts and alternative manufacturing techniques (2020). Kazan et al.	0	1,341	0	0	Türkei	1,00	0,00	1000,00		1341		
	Could the recycled yarns substitute for the virgin cotton yarns: a comparative LCA (2020). Liu et al.	0	5,32231405	2,896859504	0	China	1,00	0,00	1210,00		6440	3505200,00	
	Baumwollfasern, entkörnt, ab Farm, CN (Datensatz #10174 in Ecoinvent V2.2) (2007)	50,366677	3,4787	6,81547	0	China	1,00	1,00	1,00	50,37	3,4787	6815,47	
	Mittelwert	52,164	2,92592475	5,193942675	1,8395								

Produkt/Prozess	Literatur/Quelle	CED in MJ	GWP100 in kg CO2e	Wassernutzung in m3	Wasserverbrauch in m3	Ort	Gewicht in kg	Faktor zum Umrechnen	Gewicht in Quelle in kg	Primärenergieverbrauch in MJ	CO2-Äquivalente in kg	Wassernutzung in l	Wasserverbrauch in l
Baumwoll-Faden/Spinning	A spatially explicit LCI of the global textile chain (2009). Steinberger et al.	52,28	3,84	0	0	Indien	1,00	4	0,25	13,07	0,96		
	Der Carbon Footprint von Bekleidung (2009). Systain Consulting GmbH	0	4,594594595	0	0	Bangladesch	1,00	4,504504505	0,22		1,02		
	LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane (2014). Van der Velden et al.	156,4	7,281	0	0	verschiedene Fabriken in europäischen Ländern	1,00	1	1,00	156,4	7,281		
	Life Cycle Assessment of cotton T-Shirts in China (2015). Zhang et al.	5,007	1,584	0,003701745	0	China	1,00	5,288207298	0,19	0,9468	0,299475	0,7	
	Comparative Life Cycle Assessment of Cotton and Other Natural Fibers for Textile Applications (2019). La Rosa und Grammatikos	299,5	20,949	0	0	KA	1,00	0,001	1000,00	299,500	20949		
	LCA update of Cotton and Fabric (2016). Cotton Inc.	59,047	4,225	7,78385	0,034561	global average	1,00	0,001	1000,00	59,047	4225	7,783,850	34,561
	Life cycle assessment of cotton woven shirts and alternative manufacturing techniques (2020). Kazan et al.	0	1,166	0	0	Turkei	1,00	0,001	1000,00		1166		
	Could the recycled yarns substitute for the virgin cotton yarns: a comparative LCA (2020). Liu et al.	0	4,56	0,0088	0	China	1,00	0,001	1000,00		4560	8800	
Baumwoll-Faden/Recycling	Mittelwert	129,9884687	6,627447647	2,598783915	0,034561								
	Could the recycled yarns substitute for the virgin cotton yarns: a comparative LCA (2020). Liu et al.	0	4,38	0,583	0	China	1,00	0,001	1000,00		4380	583000	

Produkt/Prozess	Literatur/Quelle	CED in MJ	GWP100 in kg CO2e	Wassernutzung in m3	Wasserverbrauch in m3	Ort	Gewicht in kg	Faktor zum Umrechnen	Gewicht in Quelle in kg	Primärenergieverbrauch in MJ	CO2-Äquivalente in kg	Wassernutzung in l	Wasserverbrauch in l
Baumwoll-Stoff/Wirken & Färben inkl. Pre- & Post-Treatment	A spatially explicit LCI of the global textile chain (2009). Steinberger et al.		51,72	3,16	0	0 Indien	1,00		4	0,25	12,93	0,79	
	Der Carbon Footprint von Bekleidung (2009). Systain Consulting GmbH		0	4,954954955	0	0 Bangladesch	1,00		4,504504505	0,22		1,1	
	LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane (2014). Van der Velden et al.		80,8	3,763	0	verschiedene Fabriken in europäischen Ländern	1,00		1	1,00	80,8	3,763	
	Life Cycle Assessment of cotton T-Shirts in China (2015). Zhang et al.		4,364	12,03613889	0,639127778	0 China	1,00		5,555555556	0,18	0,78552	2,166505	115,043
	LCA update of Cotton and Fabric (2016). Cotton Inc.	94,849	5,944	6,176686	0,202571	global average	1,00	0,001	1000,00	94849	5944	6176686	202571
Kleidungsstück/ Schneiden & Nähen	Life cycle assessment of cotton woven shirts and alternative manufacturing techniques (2020). Kazan et al.		0	1,127	0	0 Türkei	1,00		0,001	1000,00		1127	
	Mittelwert	57,93325	5,164182307	3,407906889	0,202571								
	A spatially explicit LCI of the global textile chain (2009). Steinberger et al.		8,92	0,32	0	0 Indien	1,00		4	0,25	2,23	0,08	
	Der Carbon Footprint von Bekleidung (2009). Systain Consulting GmbH		0	3,963963964	0	0 Bangladesch	1,00		4,504504505	0,22		0,88	
	LCA update of Cotton and Fabric (2016). Cotton Inc.	1,72	0,385	0,153	0,000655	global average	1,00	0,001	1000,00	1720	385	153000	655
Kleidungsstück/ Schneiden & Nähen & T-Shirts in China (2015). Zhang et al.	Life cycle assessment of cotton woven shirts and alternative manufacturing techniques (2020). Kazan et al.		0	0,479	0	0 Türkei	1,00		0,001	1000,00		479	
	Mittelwert	5,32	1,286990991	0,153	0,000655								
	Life Cycle Assessment of cotton T-Shirts in China (2015). Zhang et al.	35,294	12,638	0,031235294	0	China	1,00	6,535947712	0,15	5,4	1,934	4,779	

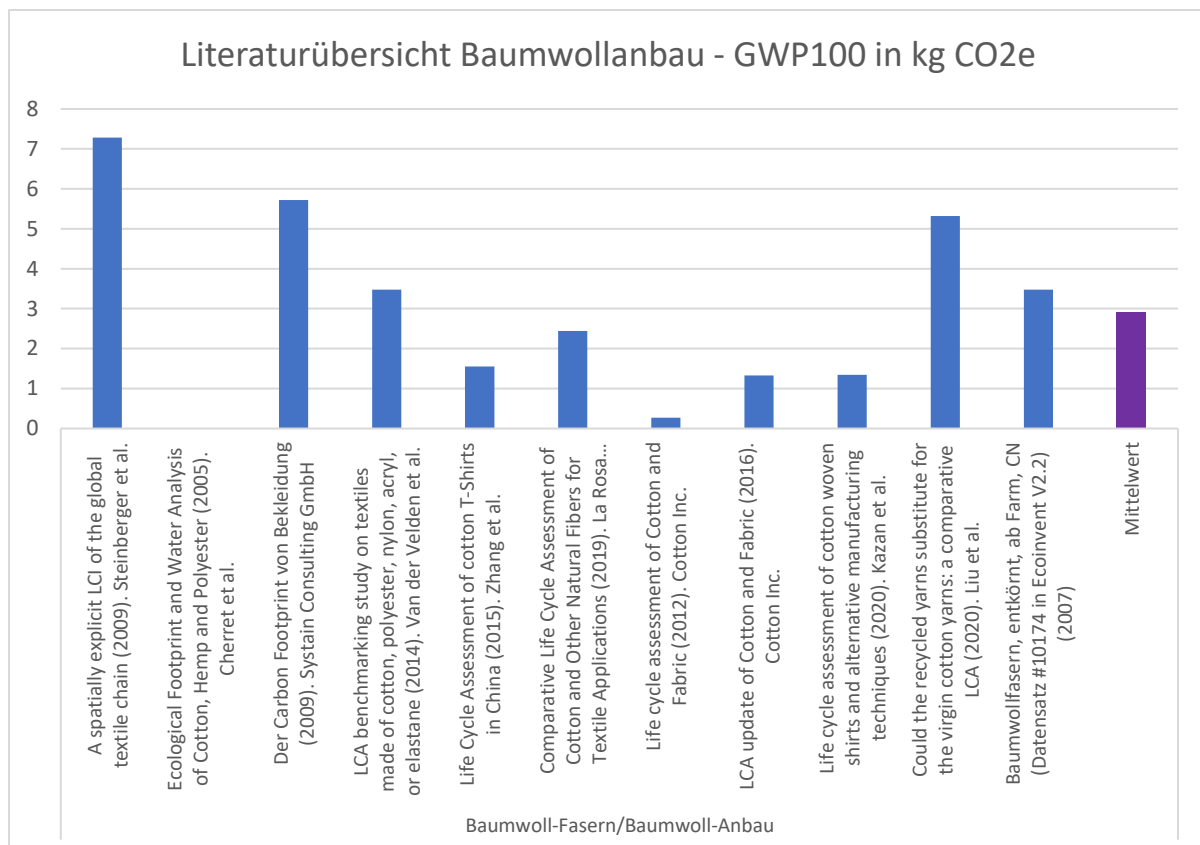


Abbildung 24: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwollanbau für das GWP

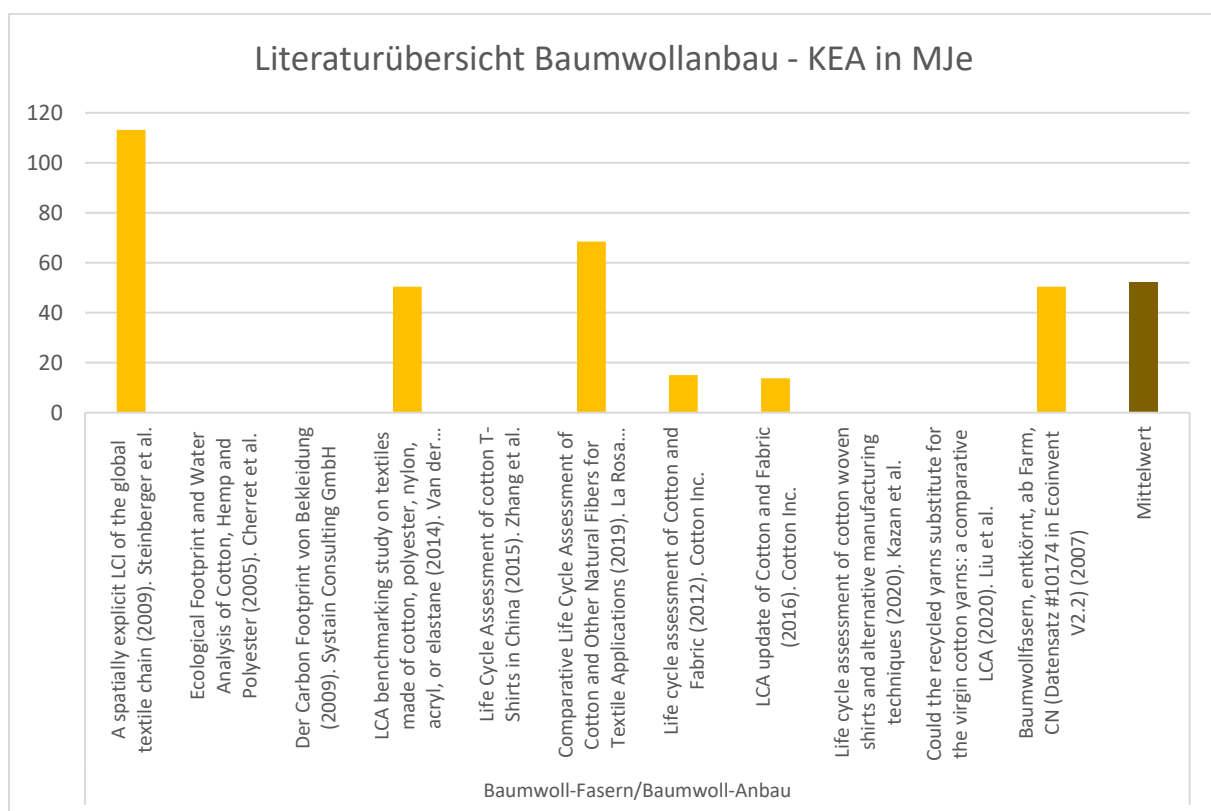


Abbildung 25: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwollanbau für den KEA

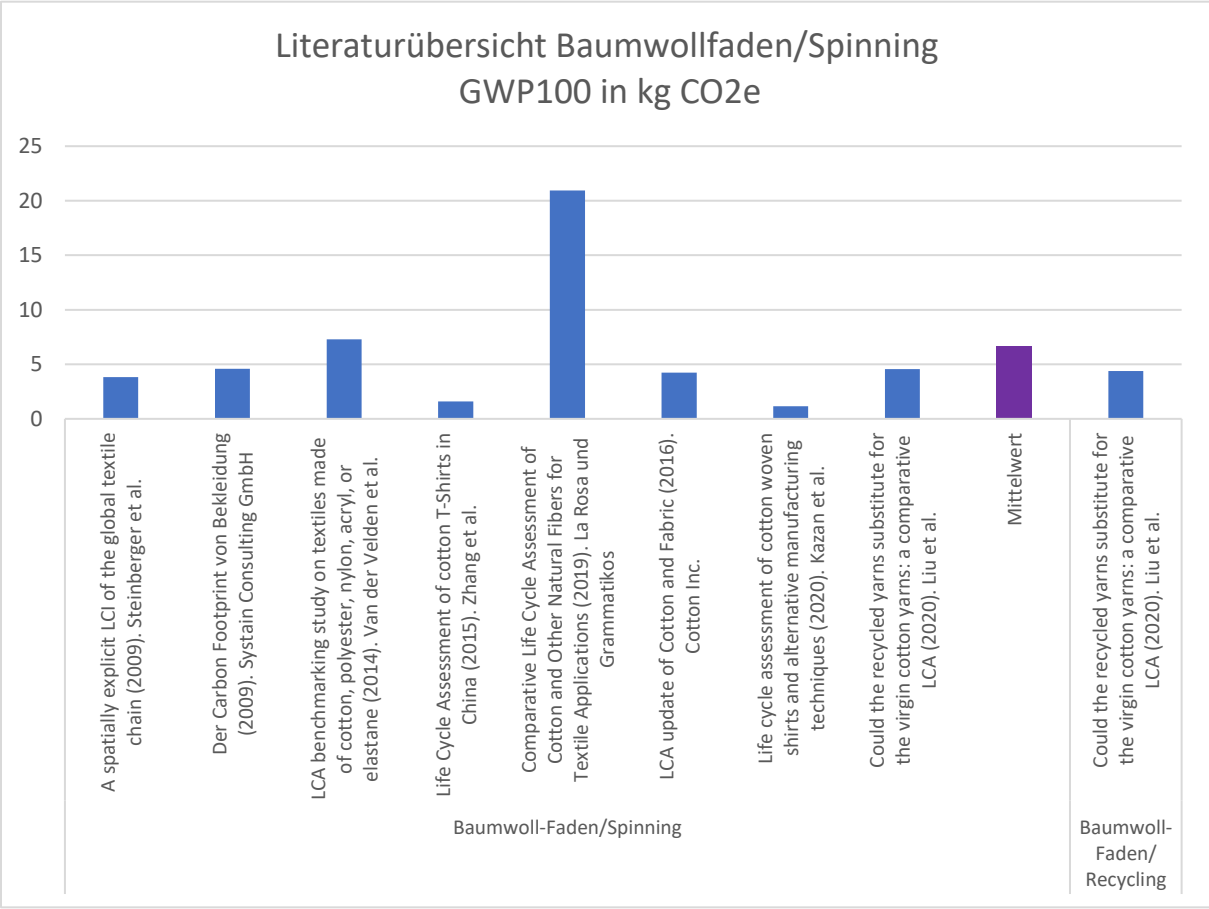


Abbildung 26: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwollfaden/Spinnen für das GWP

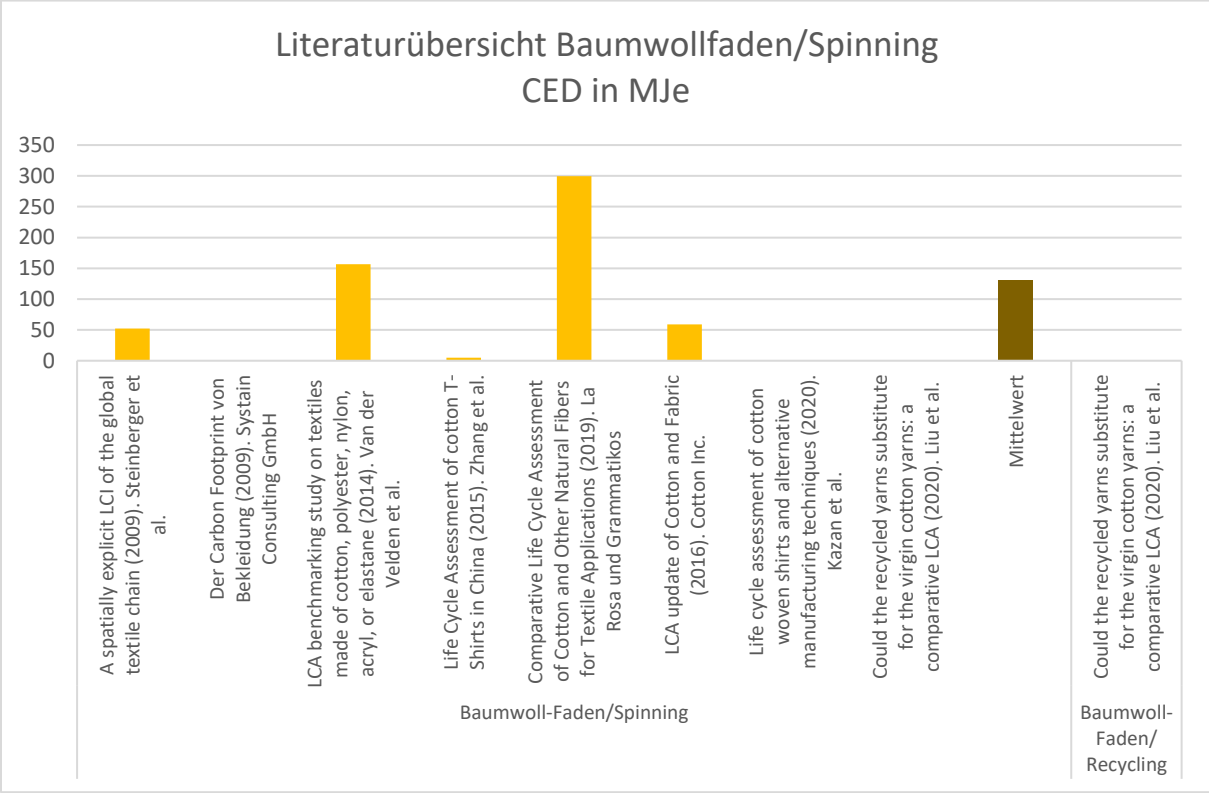


Abbildung 27: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwollfaden/Spinnen für den KEA

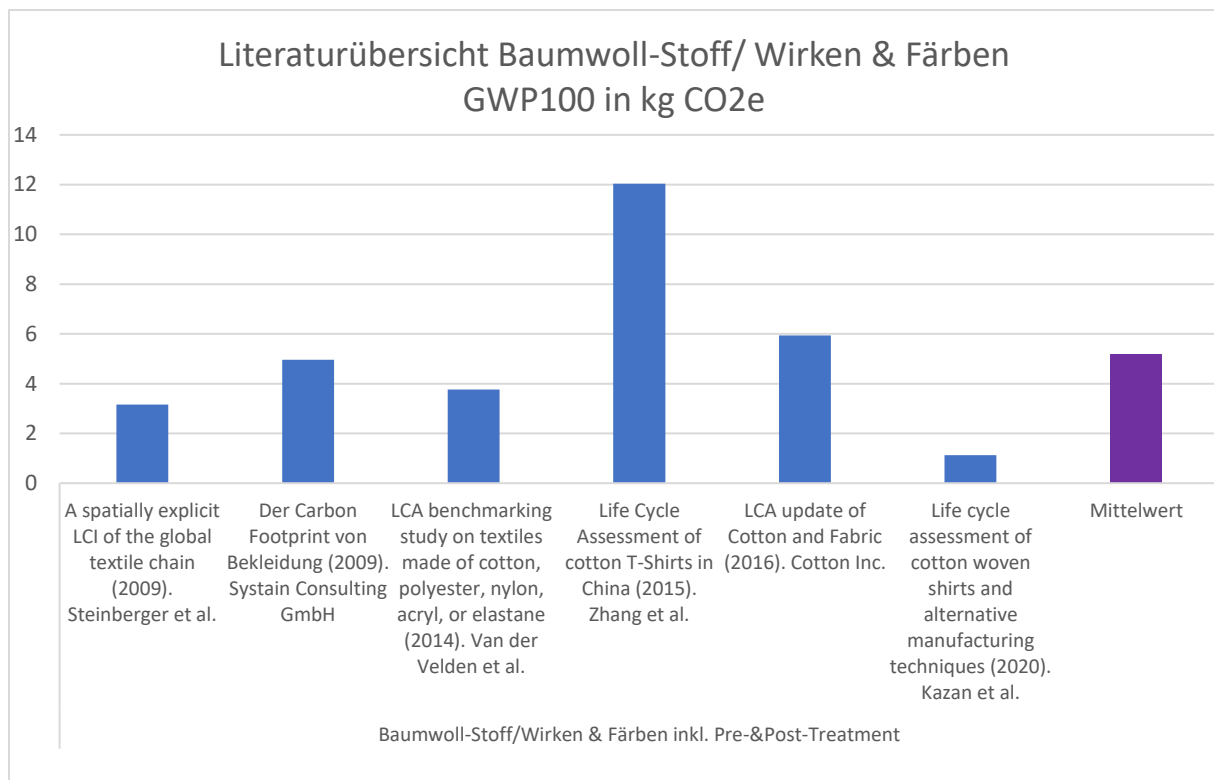


Abbildung 28: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwoll-Stoff/Wirken & Färben für das GWP

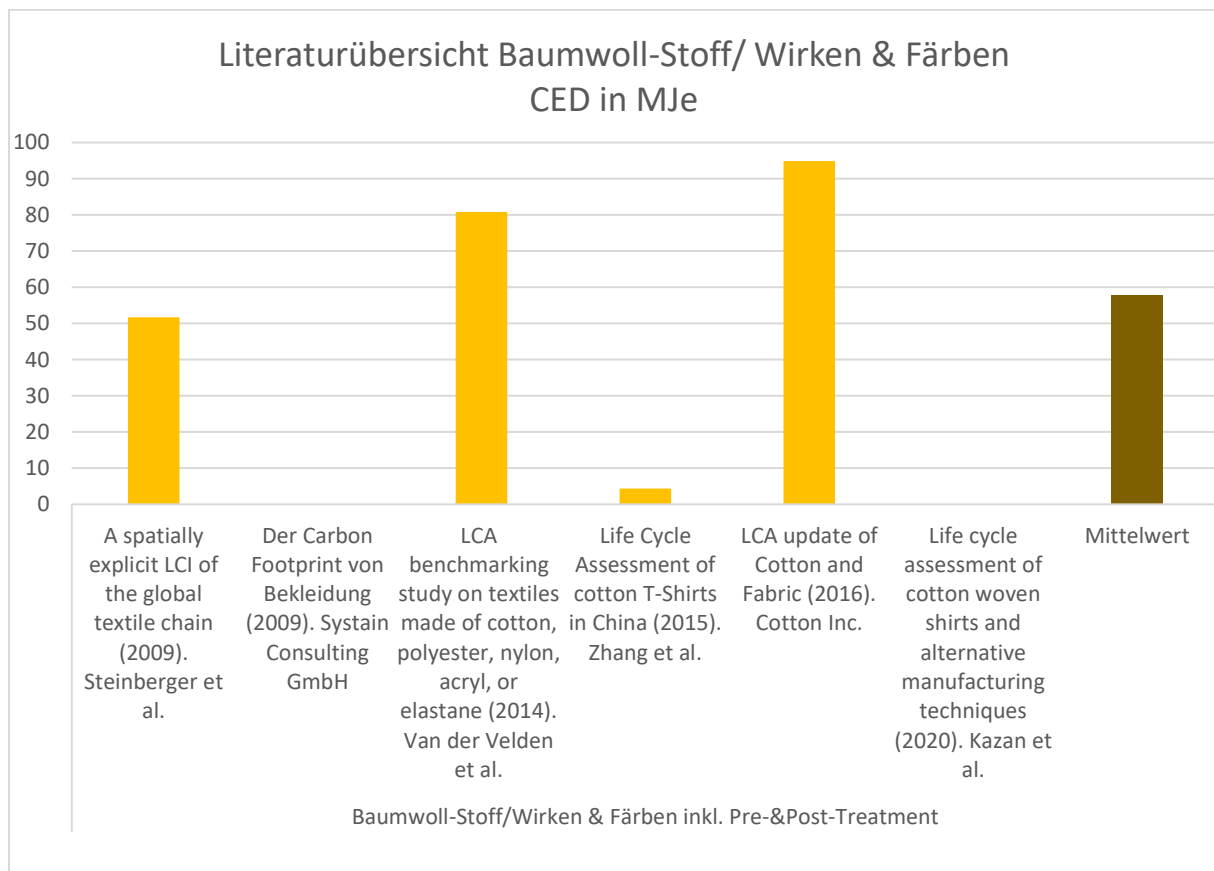


Abbildung 29: Grafische Darstellung der Literaturübersicht Baumwoll-Stoff/Wirken & Färben für den KEA

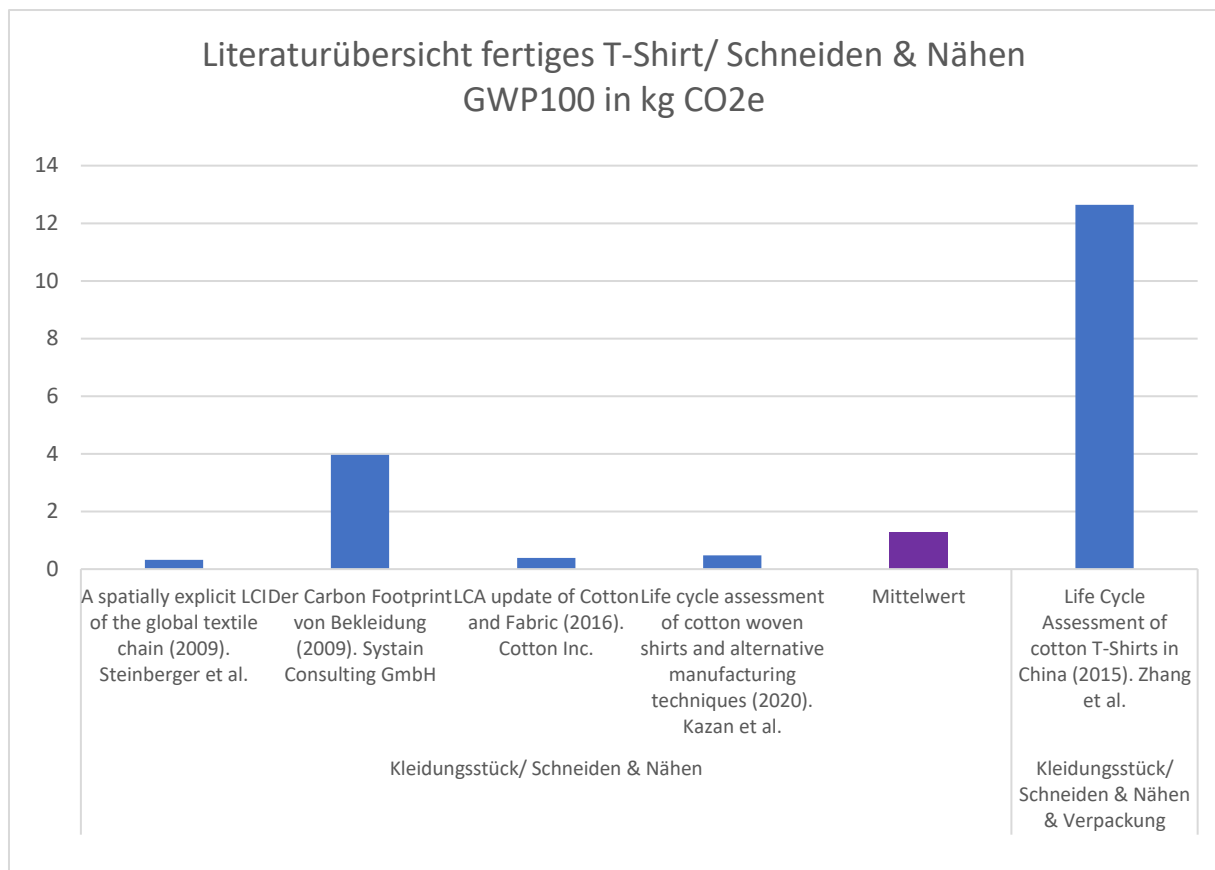


Abbildung 30: Grafische Darstellung der Literaturübersicht fertiges T-Shirt/Schneiden & Nähen für das GWP

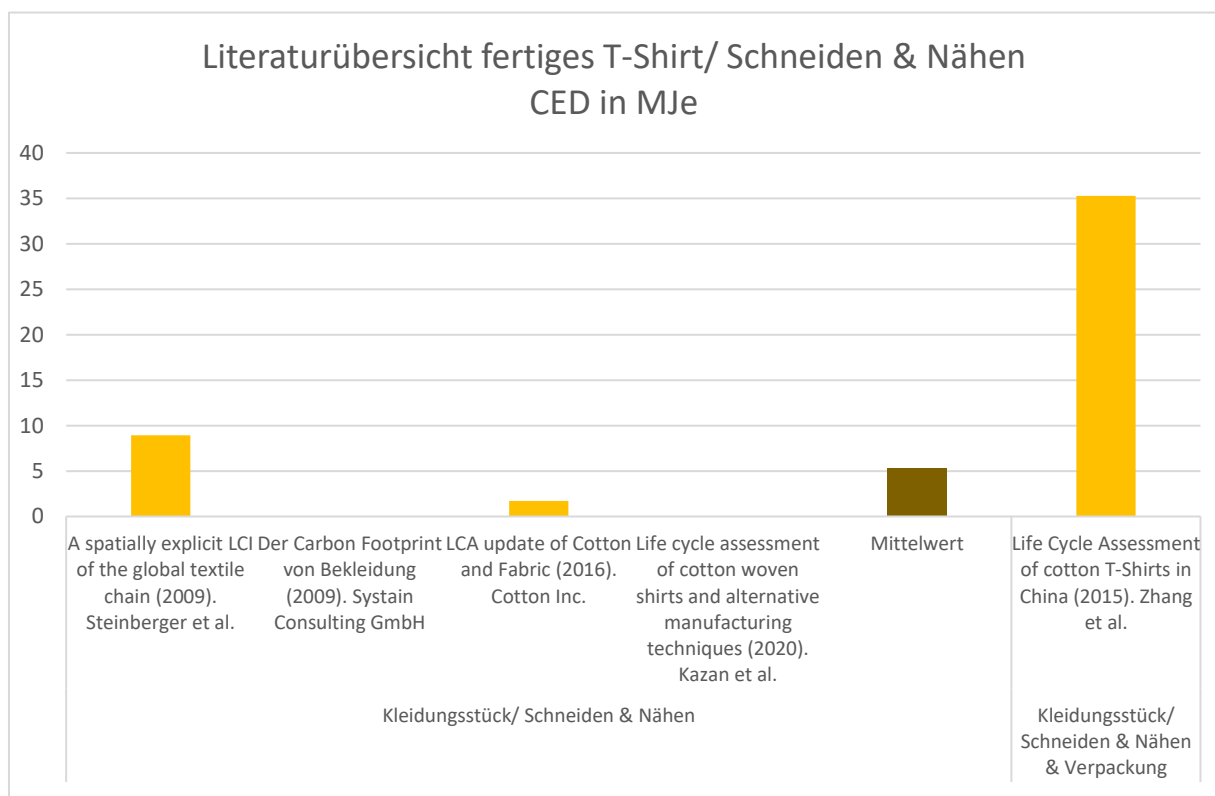


Abbildung 31: Grafische Darstellung der Literaturübersicht fertiges T-Shirt/Schneiden & Nähen für den KEA

Anhang D: Transporte, Nutzung, Verpackung – Literaturdaten

Im Folgenden sind die gesammelten Literaturdaten für Nutzung, Waschen/Trocknen und Verpackung normiert in einer Exceltabelle dargestellt.

Tabelle 13: Normierte Literaturdaten für Transporte, Waschen/Trocknen, Verpackung

Prozess	Quelle	Einheit	CED in MJ	GWP100 in kg CO ₂ e	Wassernutzung in l	Ort	Jahr	Anmerkungen
Transport mit Kleintransporter	market group for transport, freight, light commercial vehicle, RER; ecoinvent v3.7.1	pro kg*km	0,02983365	0,0018056	0,0051713	Europa	2011-2020	inkl. Alle vorhergehenden Aktivitäten; GWP nach IPCC 2013
	umweltfreundlich mobil! UBA			0,0022352				inkl. Infrastruktur, Bau, Betrieb und Unterhalt
	transport, freight, light commercial vehicle, Europe without Switzerland; ecoinvent v3.7.1	pro kg*km	0,0299682	0,0018135	0,0051955	Europa ohne Schweiz	2005(-2020)	inkl. Infrastruktur (Straße, etc.), Produktion und Instandhaltung des Fahrzeugs, Betrieb; GWP nach IPCC2013
Transport mit Lkw 3,5-7,5t	Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland (2013)	pro kg*km	0	0,0004284	0	Deutschland	2008	inkl. Infrastruktur, Bau, Betrieb und Unterhalt
	transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6, RER; ecoinvent v3.7.1	pro kg*km	0,0082205	0,000509	0,0014427	Europa	2009-2020	EURO6; inkl. Alle vorhergehenden Aktivitäten; GWP nach IPCC2013
Transport mit Lkw 16-32t	transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5, RoW; ecoinvent v3.7.1		0,0027392	0,0001729	0,00047717	RoW	2009-2020	
	lorry 16-32 metric ton, EURO6, RER; ecoinvent v3.7.1	pro kg*km	0,0026522	0,0001623	0,000454	Europa	2009-2021	
Personentransport Pkw	transport, passenger car; ecoinvent v3.7.1	pro km	4,9468	0,33178	1,1183			Average transport in a passenger car. The average takes into account internal combustion engines and electric cars. For the first type, the average accounts for different car classes (EURO 3, EURO 4 and EURO 5). These at its turn, are an average of the different car sizes (small, medium and large) and fuel types (petrol, diesel and natural gas). For the electric car, it takes into account a medium size electric car.

Prozess	Quelle	Einheit	CED in MJ	GWP100 in kg CO2e	Wassernutzung in l	Ort	Jahr	Anmerkungen
Transport mit Containerschiff	transport, freight, sea, container ship, GLO; ecoinvent v3.7.1	pro kg*km	0,00012814	9,358E-06	0,000012835	Global	2007-2020	Kapazität des Schiffs 43.000t; inkl. Produktion und Unterhalt des Schiffs, Hafenbau
Waschen, trocknen und bügeln (Service)	washing, drying and finishing laundry, GLO; ecoinvent v3.7.1	pro kg Wäsche pro Waschgang	5,5485924	0,29378	28,063	Global	2013-2020	in einer professionellen Reinigung, geringe Kapazität (300-500kg laundry pro 8h, 8-12kg pro Ladung)
Waschen, Trocknen und bügeln	Der Carbon Footprint von Bekleidung - sustain (2009)	pro kg Wäsche pro Waschgang		0,27		Deutschland		gesamte Gebrauchsphase
Waschen	Der Carbon Footprint von Bekleidung - sustain (2009)	pro kg Wäsche pro Waschgang		0,1300909	18,66666667	Deutschland		pro Waschgang 70l Wasserverbrauch bei 3,75kg Wäsche
Waschmittel	Der Carbon Footprint von Bekleidung - sustain (2009)	pro kg Wäsche pro Waschgang		0,04158		Deutschland		Herstellung, durchschnittliche Menge angenommen pro Waschgang
Wasseraufbereitung	Der Carbon Footprint von Bekleidung - sustain (2009)	pro kg Wäsche pro Waschgang		0,0098182		Deutschland		
Trocknen	Der Carbon Footprint von Bekleidung - sustain (2009)	pro kg Wäsche pro Waschgang		0,5383636		Deutschland		in Studie nur anteilige Nutzung im Durchschnittshaushalt (17%) --> 0,98kg CO2e; hier 100% Nutzung
Bügeln	Der Carbon Footprint von Bekleidung - sustain (2009)	pro kg Wäsche pro Waschgang		0,0163636		Deutschland		nur anteilige Nutzung im Durchschnittshaushalt, wenn jedes mal genutzt 1,89 kg CO2e
Waschen	A spatially explicit LCI of the global textile chain (2009)	pro kg Wäsche pro Waschgang	4,9728	0,2784		Deutschland		inkl. Elektrizität, Waschmittelherstellung, Wasseraufbereitung
Trocknen	A spatially explicit LCI of the global textile chain (2009)	pro kg Wäsche pro Waschgang	9,1384	0,5152		Deutschland		
Waschen	Electricity and water consumption for laundry washing by washing machine worldwide (2010)	pro kg Wäsche pro Waschgang	0,8352		16	Deutschland		bei Annahme von Fassungsvermögen von 5 kg und durchschnittlicher Befüllung von 75% (übernommen aus sustain) --> 3,75kg

Prozess	Quelle	Einheit	CED in MJ	GWP100 in kg CO ₂ e	Wassernutzung in l	Ort	Jahr	Anmerkungen
Waschen	Bericht Nachhaltigkeit in der Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittelbranche in Deutschland - Ausgabe 2019 IKW	pro kg Wäsche pro Waschgang	0,3528		8,8		2010-2018	mit 5 kg Beladung, nur Waschmaschine Betrieb bei 40°C, hohe Effizienzklasse; ohne Herstellung der Waschmaschine, Waschmittel, Wasseraufbereitung
Waschen	Betrachtungen zu Produktlebensdauer und Ersatzstrategien von Miele-Haushaltsgeräten (2015)	pro kg Wäsche pro Waschgang	3,186704	0,20368	14,1683		2010-2013	Miele Waschmaschine, Lebensdauer 20 Jahre (Herstellung etc. aufgeteilt); 707kg Wäsche gewaschen pro Jahr in verschiedenen Programmen inkl. Waschmittel und Wasseraufbereitung (Durchschnittswert), 158 Waschgänge im Jahr
Trocknen	Betrachtungen zu Produktlebensdauer und Ersatzstrategien von Miele-Haushaltsgeräten (2015)	pro kg Wäsche pro Waschgang	3,65770863	0,2362093	2,093352192			Miele Wäschetrockner, Lebensdauer 20 Jahre (Herstellung, etc. aufgeteilt); 707 kg Wäsche getrocknet pro Jahr in verschiedenen Programmen, (Durchschnittswert), 100% der gewaschenen Wäsche im Trockner getrocknet
Waschen	Ökobilanzielle Bewertung des Lebensweges eines handelsüblichen weißen Baumwolle T-Shirts in Deutschland (2019)	pro kg Wäsche pro Waschgang		0,2464491	16,18689299			inkl. Herstellung, Waschmittel, Wasseraufbereitung ; Beladung 3,54kg pro Waschgang, Waschttemperatur 43,3°C (Durchschnittswert), Gewicht T-Shirt: 155,85g
Trocknen	Ökobilanzielle Bewertung des Lebensweges eines handelsüblichen weißen Baumwolle T-Shirts in Deutschland (2019)	pro kg Wäsche pro Trocknung		0,2916557	26,39484353			inkl. Herstellung, Mehrgewicht der nassen T-Shirts (hier nicht berücksichtigt, da irrelevant) ; 10% der Waschmenge getrocknet
Verpackung Karton	folding boxboard carton production, RER; ecoinvent 3.7.1	pro kg	52,696	1,7778	78,215	Europa	2018	durchschnittlicher Karton zum Entfalten, Bepacken und Verschicken, aber aus "Folding Boxboard", keine Wellpappe
Zweiwelliger Karton	corrugated board, recycling fibre, double wall, at plant, RER; ecoinvent v2.2	pro kg	21,3324	0,96018	19,066	Europa	2005	inklusive Energiebereitstellung, Kartonproduktion und Abwasseraufbereitung; Recycled Material

Prozess	Quelle	Einheit	CED in MJ	GWP100 in kg CO ₂ e	Wassernutzung in l	Ort	Jahr	Anmerkungen
Wellkarton	corrugated board box production, RoW; ecoinvent v3.7.1	pro kg	20,256	1,0049	27,841	Rest der Welt	2015	Produktion einwellig, aber zweiwellig mitinbegriffen, da zweiwellig einfach mehr Gewicht, leicht höherer Wert da Produktion in Rest der Welt
Wellkarton	corrugated board box production, RER; ecoinvent v3.7.1	pro kg	22,1955	0,93516	28,885	Europa	2015	Produktion einwellig, aber zweiwellig mitinbegriffen, da zweiwellig einfach mehr Gewicht
Plastikfolie /Polybag	packaging film production, low density polyethylene, RER; ecoinvent v3.7.1	pro kg	94,5014	2,9479	11,028	Europa	1993-2020	

Anhang E: Modelle in „Umberto LCA+“

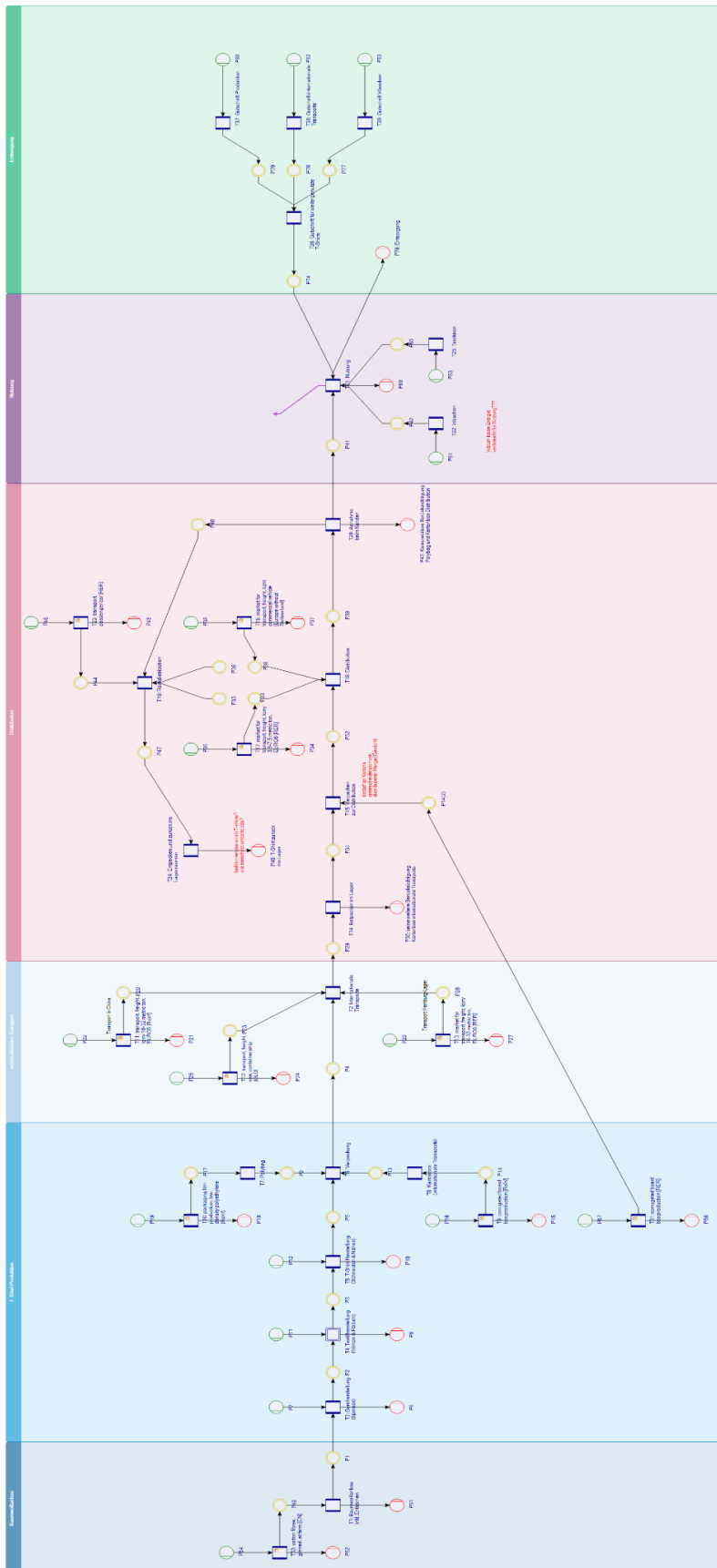


Abbildung 32: Schema des linearen Modells modelliert in "Umberto LCA+"

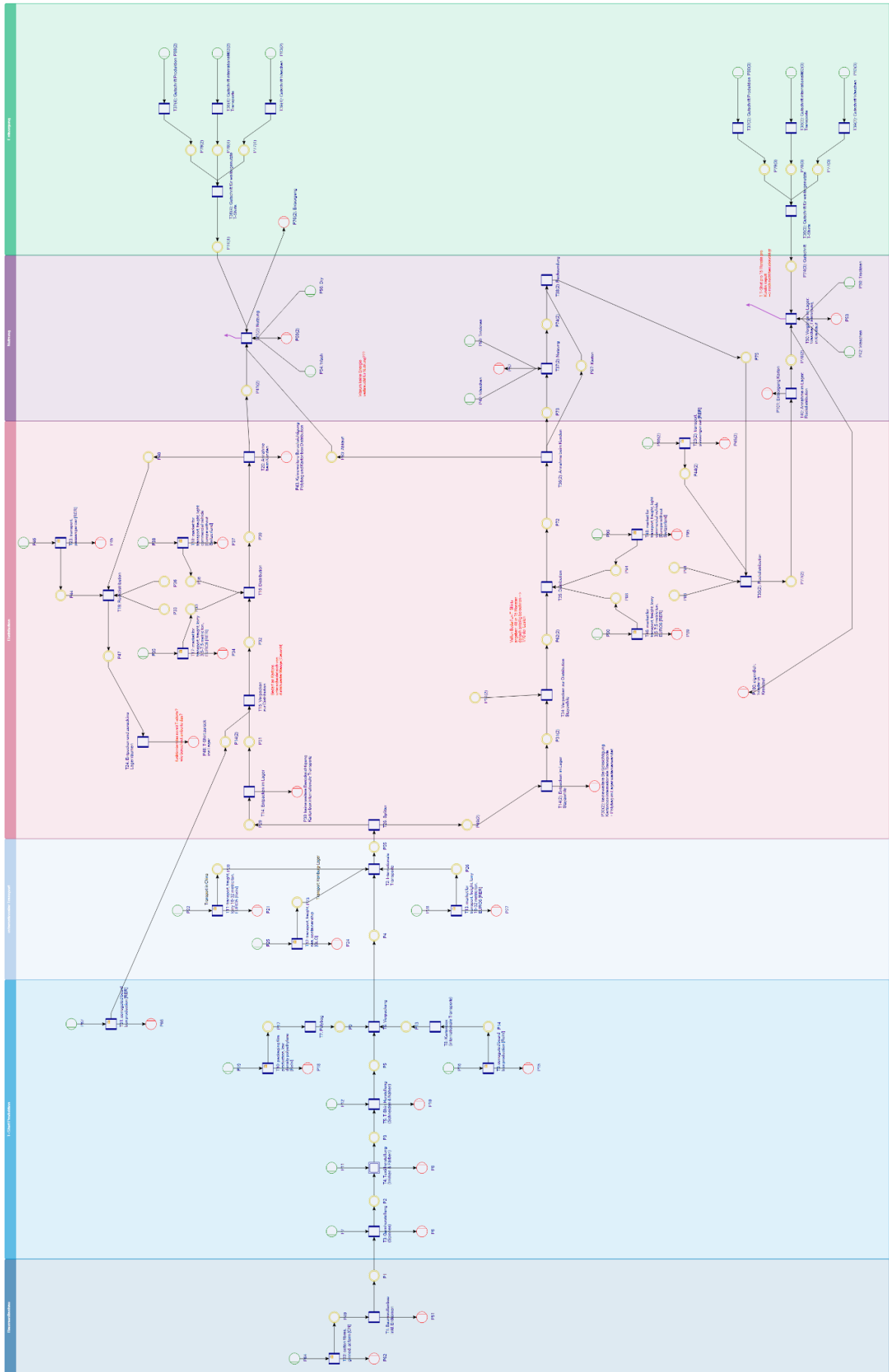


Abbildung 33: Schema des Kreislauf-Modells modelliert in "Umberto LCA+"

Anhang F: Auszug relevanter Umfrageergebnisse

Die Umfrageergebnisse und dazugehörige Abbildungen stammen aus dem Projektkontext.

Q6: Geld das monatlich zur Verfügung steht

Tabelle 14: Umfrageergebnisse Q6 - Geld das monatlich zur Verfügung steht

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	CODE
SOZ_Einkommen	Q6	Geld, das monatlich zu Verfügung steht	Wie hoch ist das monatliche Nettoeinkommen in Ihrem Haushalt insgesamt?	a. bis unter 1.000 Euro	1
			<i>Gemeint ist die Summe der Einkommen aller Personen, die dem gemeinsamen Haushalt angehören, nach Abzug von Steuern und Abgaben, also das Geld, das Ihnen monatlich zu Verfügung steht.</i>	c. 1.000 bis unter 2.000 Euro	2
				e. 2.000 bis unter 3.000 Euro	3
				g. 3.000 bis unter 4.500 Euro	4
				j. 4.500 bis unter 6.000 Euro	5
				k. 6.000 Euro und mehr	6
				l. Ich möchte keine Angabe machen	7
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Gehalt_Einfachauswahl (Mobil optimiert)	61	1		6	3,93
Valid N (listwise)	61				1,436
Gehalt_Einfachauswahl (Mobil optimiert)					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Bis unter 1.000 Euro	4	6,2		6,6	
1.000 bis unter 2.000 Euro	6	9,2		9,8	
2.000 bis unter 3.000 Euro	11	16,9		18	
3.000 bis unter 4.500 Euro	20	30,8		32,8	
4.500 bis unter 6.000 Euro	9	13,8		14,8	
6.000 Euro und mehr	11	16,9		18	
Total	61	93,8		100	
Ich möchte keine Angabe machen	4	6,2			
Total	65	100			
N=24 - Filter: HIER: "Ja ich bin Mitglied" & "Ja ich bin Mitglied aber pausiere meine Mitgliedschaft gerade"					
Gehalt_Einfachauswahl (Mobil optimiert)					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Bis unter 1.000 Euro	2	8,3		9,1	
1.000 bis unter 2.000 Euro	1	4,2		4,5	
2.000 bis unter 3.000 Euro	3	12,5		13,6	
3.000 bis unter 4.500 Euro	7	29,2		31,8	
4.500 bis unter 6.000 Euro	2	8,3		9,1	
6.000 Euro und mehr	7	29,2		31,8	
Total	22	91,7		100	
Ich möchte keine Angabe machen	2	8,3			
Total	24	100			

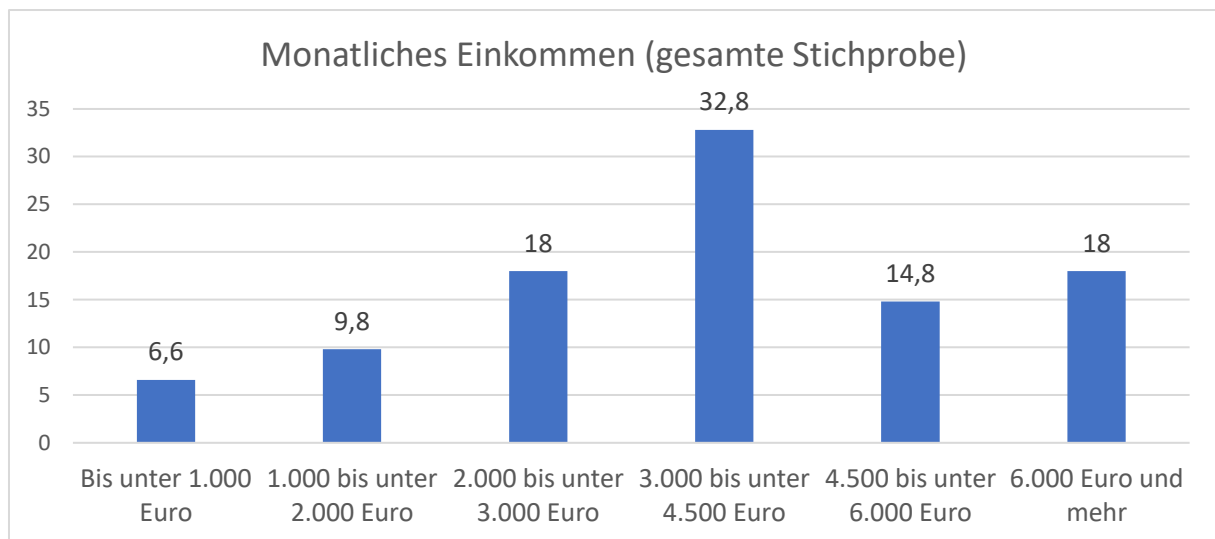


Abbildung 34: Verteilung Monatliches Einkommen in der gesamten Stichprobe

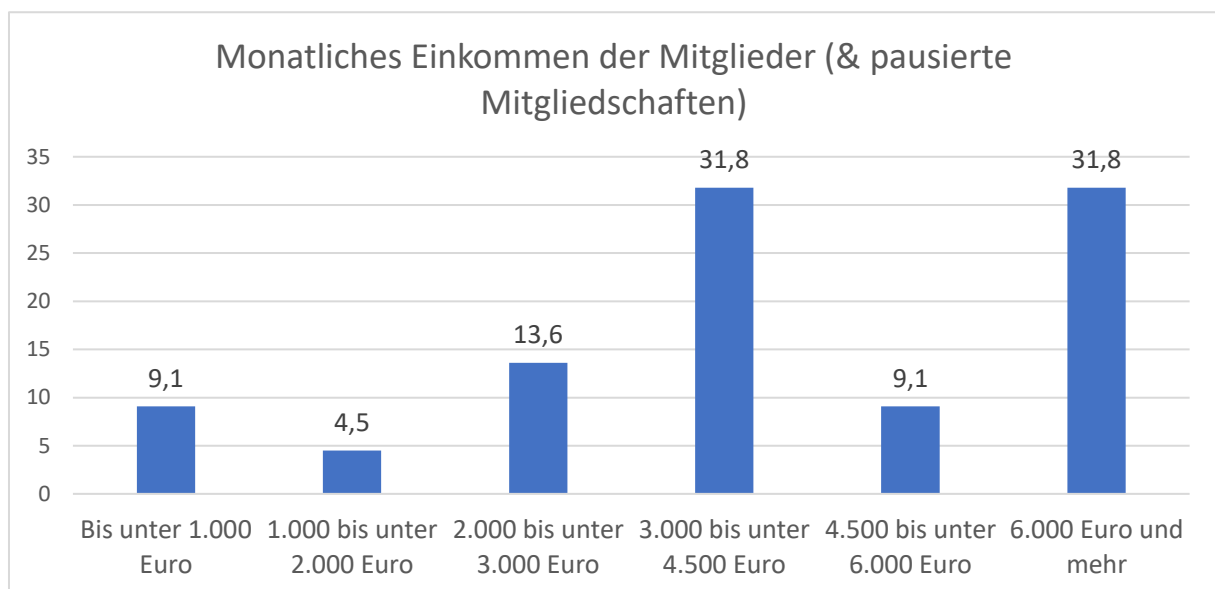
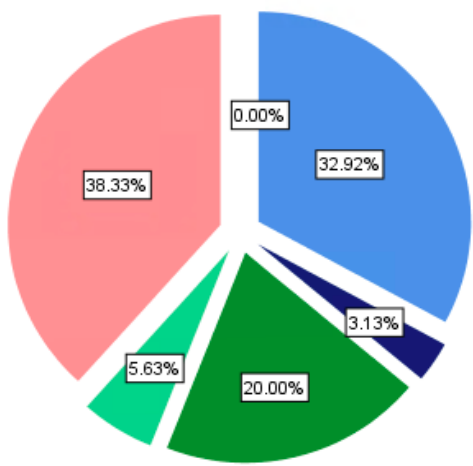


Abbildung 35: Verteilung monatliches Einkommen der "Stay Awhile" Mitglieder und pausierte Mitgliedschaften

Q9: Einkaufsverhalten (aktuell)

Tabelle 15: Umfrageergebnisse Q9 - Einkaufsverhalten (aktuell)

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen		
KK_wieNeu - Neukauf KK_wie2nd - Secondhand (z.B. Flohmarkt, Ebay-Kleinanzeigen, Kleiderkreisel etc.) KK_wieWeitergabe - Kostenlose Weitergabe gebrauchter Kleidung von Familie und Freunden KK_wieGeschenk - Neue Kleidung als Geschenk von Familie und Freunden KK_wieMieten - Kleidung bei Anbieter mieten / leihen KK_wieSonstiges - Sonstiges	Q9	Einkaufsverhalten (aktuell)	Wie beschaffen Sie heute ihre Kleidung?	a. Neukauf		
			<i>Bitte nehmen Sie eine grobe Einschätzung vor, indem Sie 100% auf die verschiedenen Optionen aufteilen.</i>	b. Secondhand (z.B. Flohmarkt, Ebay-Kleinanzeigen, Kleiderkreisel etc.)		
				c. Kostenlose Weitergabe gebrauchter Kleidung von		
				d. Neue Kleidung als Geschenk von Familie und Freunden		
				e. Kleidung bei Anbieter mieten / leihen		
				f. Sonstiges		
N=24 - Filter: HIER: "Ja ich bin Mitglied" & "Ja ich bin Mitglied aber pausiere meine Mitgliedschaft gerade"						
Descriptive Statistics						
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	
Neukauf	24		5	80	32,92	25,872
Secondhand (z.B. Flohmarkt, Ebay-Kleinanzeigen, Kleiderkreisel etc.)	24		0	60	20	19,56
Kostenlose Weitergabe gebrauchter Kleidung von Familie und Freunden	24		0	30	5,63	7,845
Neue Kleidung als Geschenk von Familie und Freunden	24		0	25	3,13	6,726
Kleidung bei Anbieter mieten / leihen	24		0	80	38,33	26,444
Sonstiges	24		0	0	0	0
Valid N (listwise)	24				100,01	
						
Neukauf Neue Kleidung als Geschenk von Familie und Freunden Secondhand (z.B. Flohmarkt, Ebay-Kleinanzeigen, Kleiderkreisel etc.) Kostenlose Weitergabe gebrauchter Kleidung von Familie und Freunden Kleidung bei Anbieter mieten / leihen Sonstiges						

Q10: Kleidungs Ausgaben

Tabelle 16: Umfrageergebnisse Q10 - Kleidungs Ausgaben

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	
KK_Geld	Q10	Ausgaben	Wie viel Geld geben Sie schätzungsweise monatlich im Durchschnitt für Ihrer Kleidung aus (inklusive Kleiderverleihmodelle)?	Freifeld	
Filter: Ja ich bin Mitglied & Ja ich bin Mitglied aber pausiere meine Mitgliedschaft gerade					
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Ausgaben_Textfeld einzeilig	24	15	500	103,92	90,788
Valid N (listwise)	24				
Ausgaben_Textfeld einzeilig					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
15	1	4,2	4,2	4,2	
39	1	4,2	4,2	8,3	
50	1	4,2	4,2	12,5	
60	1	4,2	4,2	16,7	
70	5	20,8	20,8	37,5	
80	5	20,8	20,8	58,3	
90	1	4,2	4,2	62,5	
100	3	12,5	12,5	75	
120	2	8,3	8,3	83,3	
150	3	12,5	12,5	95,8	
500	1	4,2	4,2	100	
Total	24	100	100		

Q11: Anzahl Kleidungsstücke kaufen

Tabelle 17: Umfrageergebnisse Q11 - Anzahl Kleidungsstücke kaufen

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	
KK_AnzahlK	Q11	Anzahl Kleidungsstücke	Wie viele Kleidungsstücke kaufen Sie schätzungsweise im Durchschnitt pro Monat?	Freifeld	
Filter: Ja ich bin Mitglied & Ja ich bin Mitglied aber pausiere meine Mitgliedschaft gerade					
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Anzahl_Kleiderstücke_Textfeld einzeilig	24	0	10	1,67	1,993
Valid N (listwise)	24				
Anzahl_Kleiderstücke_Textfeld einzeilig					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
0	3	12,5	12,5	12,5	
1	13	54,2	54,2	66,7	
2	5	20,8	20,8	87,5	
3	1	4,2	4,2	91,7	
4	1	4,2	4,2	95,8	
10	1	4,2	4,2	100	
Total	24	100	100		

Q13: Preissegment

Tabelle 18: Umfrageergebnisse Q13 - Preissegment

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	CODE
KK_Preis	Q13	Preissegment	In welchem Preissegment liegt die Kleidung, die Sie am häufigsten tragen?	a. Preisgünstig (z.B. Primark, Kik, Aldi, Lidl, New Look, New Yorker...)	1
				b. Mittelpreisig (z.B. H&M, C&A, Vero Moda, s. Oliver, Zara, Esprit, Mango...)	2
				c. Hochpreisig (z.B. Tommy Hilfiger, Hugo Boss, Lacoste, Desigual, Marc O'Polo, Armedangels, Closed, Cos...)	3
				d. Exklusive Designermode (z.B. Jil Sander, Gucci, Louis Vuitton, Dior, Stella McCartney, Burberry, Chanel...)	4
				e. Ich kann mich nicht einordnen.	5
Descriptive					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Preissegment_Einfachauswahl (Mobil optimiert)	20	2	3	2,65	0,489
Valid N (listwise)	20				
Preissegment_Einfachauswahl (Mobil optimiert)					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Mittelpreisig (z.B. H&M, C&A, Vero Moda, s. Oliver, Zara, Esprit,	7	29,2	35	35	
Hochpreisig (z.B. Tommy Hilfiger, Hugo Boss, Lacoste, Desigual, Marc O'Polo, Armedangels,	13	54,2	65	100	
Total	20	83,3	100		
Ich kann mich nicht einordnen.	4	16,7			
Total	24	100			

Q14: Einkaufsverhalten vor Leihmodell

Tabelle 19: Umfrageergebnisse Q14 - Einkaufsverhalten vor Leihmodell

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	
KK_wieALTNeu - Neukauf KK_wieALT2nd - Secondhand (z.B. Flohmarkt, Ebay-Kleinanzeigen, Kleiderkreisel etc.) KK_wieALTWeitergabe - Kostenlose Weitergabe gebrauchter Kleidung von Familie und Freunde KK_wieALTGeschenk - Neue Kleidung als Geschenk von Familie und Freunden KK_wieALTSonstiges - Sonstiges	Q14	Einkaufsverhalten vor Leihmodell	Denken Sie an die Zeit, bevor Sie anfangen Kleidung zu leihen. Wie bezogen Sie die Kleidung hauptsächlich, die Sie nun bei StayAwhile leihen? Bitte nehmen Sie eine grobe Einschätzung vor, indem Sie 100% auf die verschiedenen Optionen aufteilen.	a. Neukauf b. Secondhand (z.B. Flohmarkt, Ebay-Kleinanzeigen, Kleiderkreisel etc.) c. Kostenlose Weitergabe gebrauchter Kleidung von Familie und Freunde d. Neue Kleidung als Geschenk von Familie und Freunden e. Sonstiges	
Descriptive Statistics	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Neukauf	24	0	100	72,08	29,337
Secondhand (z.B. Flohmarkt, Ebay-Kleinanzeigen, Kleiderkreisel etc.)	24	0	80	19,38	24,464
Kostenlose Weitergabe gebrauchter Kleidung von Familie und Freunde	24	0	20	2,92	6,064
Neue Kleidung als Geschenk von Familie und Freunden	24	0	15	1,46	4,032
Sonstiges	24	0	100	4,17	20,412
Valid N (listwise)	24				

The pie chart illustrates the distribution of responses for Q14 regarding clothing acquisition. The data is as follows:

Ausprägung	Anzahl	Prozent
Neukauf	17	72.08%
Secondhand (z.B. Flohmarkt, Ebay-Kleinanzeigen, Kleiderkreisel etc.)	5	19.38%
Kostenlose Weitergabe gebrauchter Kleidung von Familie und Freunden	1	2.92%
Neue Kleidung als Geschenk von Familie und Freunden	1	1.46%
Sonstiges	0	0.00%

Q17: Waschhäufigkeit

Tabelle 20: Umfrageergebnisse Q17 - Waschhäufigkeit

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	
Umwelt_waschen	Q17	Waschhäufigkeit	Wie viele Tage tragen Sie durchschnittlich Ihre Kleidung (ohne Unterwäsche), bevor Sie diese waschen?	Freifeld (Tage)	
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Waschen_Textfeld einzeilig	24	1	10	3	1,911
Valid N (listwise)	24				
Waschen_Textfeld einzeilig					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
1	2	8,3	8,3	8,3	
2	9	37,5	37,5	45,8	
3	9	37,5	37,5	83,3	
4	2	8,3	8,3	91,7	
7	1	4,2	4,2	95,8	
10	1	4,2	4,2	100	
Total	24	100	100		

Q19: Tragehäufigkeit Leihbekleidung

Tabelle 21: Umfrageergebnisse Q19 - Tragehäufigkeit Leihbekleidung

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	Code
Umwelt_HaeufigLeihmode	Q19	Tragehäufigkeit Leihbekleidung	Wie häufig benutzen Sie die geliehene Bekleidung im Alltag?	täglich	1
				alle 2 Tage	2
				1 x die Woche	3
				1 x alle zwei Wochen	4
				1x in 3 Monaten oder seltener	5
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Haeufigkeit_Einfachauswahl	24	1	3	2,25	0,608
Valid N (listwise)	24				
Haeufigkeit_Einfachauswahl (Mobil optimiert)					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Täglich	2	8,3	8,3	8,3	
Alle 2 Tage	14	58,3	58,3	66,7	
1x die Woche	8	33,3	33,3	100	
Total	24	100	100		

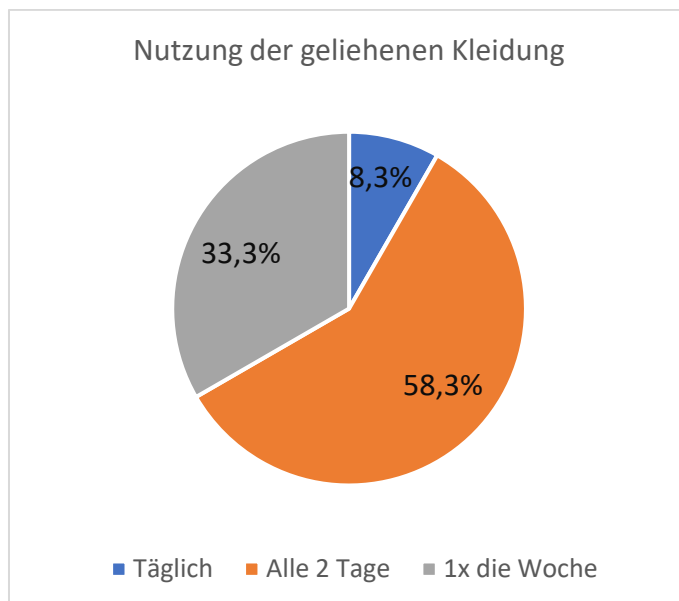


Abbildung 36: Umfrageergebnisse Q19 - Tragehäufigkeit Leihbekleidung dargestellt als Kreisdiagramm

Q20: Entsorgung von Kleidung

Tabelle 22: Umfrageergebnisse Q20 - Entsorgung von Kleidung

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	
Ent_Weg - Wegwerfen Ent_Verk - Verkaufen Ent_Schenken - Verschenken Ent_Altk - Zur Altkleidersammlung geben Ent_Spende - Spenden	Q20	Entsorgung von Kleidung	Was tun Sie normalerweise mit der Kleidung, die Sie nicht mehr tragen? <i>Bitte nehmen Sie eine Einschätzung vor, indem Sie 100% auf die verschiedenen Optionen aufteilen.</i>	a. Wegwerfen	
				b. Verkaufen	
				c. Verschenken/Weitergabe	
				d. Zur Altkleidersammlung geben	
				e. Spenden	
				f. Sonstiges	
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Wegwerfen	24	0	3	1,29	0,806
Verkaufen	24	0	4	1,54	0,932
Verschenken	24	0	4	2,17	0,963
Zur Altkleidersammlung geben	24	0	4	2,33	1,09
Spenden	24	0	4	2,13	1,035
Valid N (listwise)	24				

22.47%
13.66%
16.30%
22.91%
24.67%

- Wegwerfen
- Verkaufen
- Verschenken / Weitergeben
- Zur Altkleidersammlung geben
- Spenden (z.B. an Kinderkaufhaus / karitative Einrichtung)
- Sonstiges

Q21: Tragehäufigkeit Leih- vs. Besitzkleidung

Tabelle 23: Umfrageergebnisse Q21 - Tragehäufigkeit Leih- vs. Besitzkleidung

Variablenname		Item	Ausformulierung	Ausprägungen	
Umwelt_IntensitaetLeihmode	Q21	Tragehäufigkeit Leih vs. Besitzkleidung	Wie häufig und intensiv wird die geliehene Kleidung im Vergleich zu der Kleidung, die Sie besitzen genutzt?	viel seltener (1) vs. (7) viel häufiger	
Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Viel seltener - Viel häufiger	24	3	5	3,88	0,9
Valid N (listwise)	24				
Viel seltener - Viel häufiger					
	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	
Gleich	11	45,8	45,8	45,8	
Häufiger	5	20,8	20,8	66,7	
Sehr Häufig	8	33,3	33,3	100	
Total	24	100	100		

Verhältnis Nutzung eigener vs. geliehener Kleidung

■ Gleich ■ Häufiger ■ Sehr Häufig

Anhang G: Überprüfung der Kleidungskäufe – R-Script

```
RStudio
File Edit Code View Plots Session Build Debug Profile Tools Help
Go to file/function
Kleidungskäufe.R x
Source
Run
1 setwd("D:/Bibliothek/Documents/Studium - Mensch und Umwelt/bachelorarbeit/Daten ISI")
2 library(psych)
3 library(car)
4 library(readxl)
5 w2sdata <- read_excel("datensatz_stayawhile_kleidungsarten_cleanedsample(workbookExcel.xlsx",
6                       na = "NA", sheet = 1)
7 View(w2sdata)
8
9 ##Bereinigen des Datensatzes
10
11 mitteleihen<- w2sdata[w2sdata$Q21 == 3,]
12 omneiteihen <- w2sdata[w2sdata$Q21 < 3,]
13 mean(mitteleihen$Q11)
14 mean(omneiteihen$Q11)
15
16 ##Bilden einer Zielgruppe, die mit der Kundengruppe "stayawhile" (Bezugsgruppe) in der Höhe der Kleidungsausgaben pro Monat übereinstimmt
17 #Ansatz: Trial and Error bis Kleidungsangaben etwa 103,92
18 zielgruppe.hilf <- omneiteihen[omneiteihen$Q11 >= 103.92*0.8,]
19 zielgruppe <- zielgruppe.hilf[zielgruppe.hilf$Q11 <= 103.92*1.2,]
20 #Zielgruppe gebildet aus Personen, die 20% mehr oder weniger Geld ausgeben als der Durchschnitt der Kundengruppe
21
22 ## Analyse der Zielgruppe
23
24 mean(zielgruppe$Q11) #Ausgaben der Zielgruppe für Kleidung pro Monat = 101,3
25 View(zielgruppe)
26
27 #Kleidungskäufe pro Monat und Art des Erwerbs
28 mean(zielgruppe$Q2) #Kleidungskäufe: 3,42 Kleidungsstücke im Monat
29 mean(zielgruppe$Q3.1) #Neukauf in % 87,6
30 mean(zielgruppe$Q3.2) #Secondhandkauf in % 8,27
31 mean(zielgruppe$Q3.3) #Kleidertausch in % 0,6
32 mean(zielgruppe$Q3.4) #Kleidung leihen/mieten in % 0,19
33 mean(zielgruppe$Q3.5) #weitergabe von Freunden, Familie in % 1,19
34 mean(zielgruppe$Q3.6) #sonstiges in % 0,12
35 mean(zielgruppe$Q3) #waschhäufigkeit: 2,13 mal getragen bevor gewaschen
36
37 #Entsorgung: 1 = nie 2= gelegentlich 3 = meistens 4 = immer
38 mean(zielgruppe$Q11_r1) #wegwerfen: 1,66
39 mean(zielgruppe$Q11_r2) #Verkaufen: 1,77
40 mean(zielgruppe$Q11_r3) #Verschenken: 2,15
41 mean(zielgruppe$Q11_r4) #zur Altkleidersammlung geben: 2,65
42 mean(zielgruppe$Q11_r5) #Spenden: 2,08
43 mean(zielgruppe$Q11_r6) #Sonstiges: NA
44
45 #Preislevel
46 zielgruppe.pl <- zielgruppe[zielgruppe$Q14 != 5,]
47 table(zielgruppe.pl$Q14)
48 prop.table(table(zielgruppe.pl$Q14)) #preissünstig: 10,6%, mittelpreisig: 78,8%
49
50 mean(zielgruppe.pl$Q14) #mean: 2
51
```

Abbildung 37: R-Script zur Überprüfung der Kleidungskäufe

