sofia

Sonderforschungsgruppe
Institutionenanalyse

# Abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle für Textilien in der Circular Economy

Rebecca Niebler

sofia-Studien 20-2, Darmstadt 2020

ISBN: 978-3-941627-83-3

Sofia-Studien
zur Institutionenanalyse
Nr. 20-2

ISSN 1439-6874
ISBN 978-3-941627-83-3

# Abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle für Textilien in der Circular Economy

Rebecca Niebler

vorgelegt zur Erlangung des Mastergrades
an der Hochschule Darmstadt im Fachbereich Gesellschaftswissenschaften,
Studiengang Risikoabschätzung- und Nachhaltigkeitsmanagement
(Risk Assessment and Sustainability Management – RASUM)

Darmstadt, September 2020

## Abstract

This master thesis explores the challenges for waste management business models in the field of textiles regarding the requirements of the circular economy, as well as improvement potentials in the current framework conditions. It is concerned with the research question: "Is it advisable to change the framework conditions at meso or macro level, with regard to business models for waste management companies in the textile sector that are oriented towards the requirements of the circular economy, and - if so - in what way?"

The approach of the study is based on the delta analysis of the e Society for Institutional Analysis at the Darmstadt University of Applied Sciences. It compares the target state of the normative requirements with the actual state of the textile and waste management framework conditions and attempts to identify the gaps (the delta). Based on the delta, it develops approaches that are intended to help reduce the gaps.

The thesis develops three business models for the target year 2025 in different areas: an exchange platform for sorters, recyclers and designers, an automatic sorting plant and a plant for fibre-to-fibre recycling of mixed materials. It is becoming clear that these business models cannot meet the target requirements for the circular economy. The analysis identifies the remaining gaps in the framework conditions as the main problem. For example, insufficient innovation impulses and the lack of competitiveness of secondary raw materials inhibit the actors from applying and using new technologies and business models. Restricted access to knowledge and information, as well as a lack of transparency between the actors, also prove to be problematic. In order to answer the research question, the study recommends altering the framework conditions at meso and macro level. It proposes a platform for cooperation between designers, the introduction of a material declaration system and an eco-design guideline for textiles as possible development options. In addition, this work offers a matrix of criteria to help the actors test and improve their new waste management business models regarding their suitability for the circular economy.

The analysis is carried out from an outsider's perspective on the entire textile industry. It therefore cannot cover and deal with all aspects and individual circumstances of each player in detail. The necessary changes in the framework conditions that have been identified can therefore be used as a basis for further investigations.

## Kurzfassung

Diese Masterthesis beschäftigt sich mit den Herausforderungen bei abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodellen im Bereich Textilien in Bezug auf die Anforderungen der Circular Economy, sowie Verbesserungspotentialen in den derzeitigen Rahmenbedingungen. Sie widmet sich der Forschungsfrage: „Empfiehlt es sich, im Hinblick auf an den Anforderungen der Circular Economy ausgerichteten Geschäftsmodellen für Abfallunternehmen im Bereich Textilien, die Rahmenbedingungen auf Meso- oder Makro-Ebene zu verändern und – wenn ja – in welcher Weise?“

Die Untersuchung orientierte sich in ihrem Vorgehen an der Delta-Analyse der Sonderforschungsgruppe Institutionenanalyse an der Hochschule Darmstadt. Sie vergleicht den Soll-Zustand der normativen Anforderungen mit dem Ist-Zustand der textilen und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und versucht, die Lücken (das Delta) zu identifizieren. Aufbauend auf dem Delta entwickelt sie Lösungsansätze, die dazu beitragen sollen, die Lücken zu verkleinern.

Die Arbeit entwickelt drei Geschäftsmodelle für das Zieljahr 2025 in unterschiedlichen Bereichen: eine Austauschplattform für Sortierer, Recycler und Designer, eine automatische Sortieranlage und eine Anlage für Faser-zu-Faser-Recycling von Mischmaterialien. Deutlich wird, dass diese Geschäftsmodelle die Soll-Anforderungen in Richtung Circular Economy nicht erfüllen können. Die Untersuchung ermittelt dabei als maßgebliche Problematik die verbleibenden Lücken in den Rahmenbedingungen. Diese Lücken zeigen sich in unzureichenden Innovationsimpulsen und der fehlenden Wettbewerbsfähigkeit der Sekundärrohstoffe. Auch der eingeschränkte Zugang zu Wissen und Informationen sowie die fehlende Transparenz zwischen den Akteuren erweisen sich als problematisch. Zur Beantwortung der Forschungsfrage empfiehlt die Arbeit die Rahmenbedingungen auf Meso- und Makro-Ebene zu verändern. Dabei schlägt sie eine Plattform zur Kooperation zwischen den Designern, die Einführung eines Materialdeklarationssystems und eine Ökodesign-Richtlinie für Textilien als mögliche Gestaltungsoption vor. Darüber hinaus bietet diese Arbeit ein Kriterienraster mit dessen Hilfe die Akteure ihre neuen abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodelle hinsichtlich ihrer Eignung in Richtung Circular Economy prüfen und verbessern können.

Die Analyse erfolgt aus Sicht eines Außenstehenden auf die gesamte Textilbranche. Sie kann somit nicht alle Aspekte und individuellen Gegebenheiten der Akteure detailliert erfassen und behandeln. Die ermittelten nötigen Änderungen der Rahmenbedingungen können folglich mehr als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen gelten.

## Inhaltsübersicht

**1 Einleitung ..... 9**
**2 Normative Rahmenbedingungen ..... 15**
**3 Textil- und abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen im Status Quo ..... 34**
**4 Innovative Ansätze zur Optimierung der Behandlung von Alttextilien ..... 58**
**5 Neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle für Textilien ..... 74**
**6 Verbleibende Lücken in den Rahmenbedingungen ..... 94**
**7 Beantwortung der Kernfrage ..... 108**
**8 Fazit und weiterer Forschungsbedarf ..... 110**
**9 Literatur ..... 113**
**10 Anhang - Leuchtturmprojekte mit innovativen Ansätzen ..... 123**

## Inhalt

**1 Einleitung ..... 9**
1.1 Ausgangssituation und Problemlage ..... 9
1.2 Kernfrage ..... 11
1.3 Methodisches Vorgehen ..... 12
1.4 Aufbau der Arbeit ..... 13
**2 Normative Rahmenbedingungen ..... 15**
2.1 Das Verständnis von Circular Economy und die Rolle von Textilien ..... 15
2.2 Normative Anforderungen im Status Quo ..... 16
*2.2.1* Auf internationale Ebene ..... 16
*2.2.3* Auf europäischer Ebene ..... 19
2.3 Absehbare Entwicklungen über den Status Quo hinaus ..... 23
2.4 Kriterien für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung Circular Economy ..... 26
**3 Textil- und abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen im Status Quo ..... 34**
3.1 Die Abfallkette ..... 34
3.2 Akteure ..... 42
3.3 Rohstoffe ..... 45
3.4 Anreiz- und Hemmnis-Situation der Akteure ..... 47
*3.4.1* Produktdesigner ..... 49
*3.4.2* Produzenten ..... 50
*3.4.3* Händler ..... 51
*3.4.4* Konsumenten ..... 51
*3.4.5* Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, gewerbliche Entsorgungsunternehmen und gemeinnützige Organisationen ... 52
3.5 Aus den Rahmenbedingungen entstehendes Delta ..... 56
**4 Innovative Ansätze zur Optimierung der Behandlung von Alttextilien ..... 58**
4.1 Vorstellung innovativer Ansätze zur Optimierung der Behandlung von Alttextilien ..... 58
*4.1.1* Technologien zur Informationsweitergabe ..... 58
*4.1.2* Sortiertechnologien ..... 65
*4.1.3* Recyclingtechnologien ..... 69
4.2 Eignung der innovativen Ansätze als Grundlage für zukünftige abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle ..... 73

**5 Neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle für Textilien ..... 74**
5.1 Experteninterviews als Informationsquelle ..... 74
*5.1.1* Methodische Grundlage und Umsetzung ..... 74
*5.1.2* Auswertung der Experteninterviews ..... 75
5.2 Vorstellung und Bewertung der abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodelle ..... 76
*5.2.1* Plattform für den Aufbau von Know-How und Kooperation von Sortierern, Recyclern und Designern ..... 77
*5.2.2* Automatische Sortieranalage mit NIR-Technologie ..... 81
*5.2.3* Anlage für Faser-zu-Faser-Recycling von Mischmaterialien mithilfe von chemischem Recycling ..... 87
5.3 Eignung der abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodelle in Richtung Circular Economy ..... 93
**6 Verbleibende Lücken in den Rahmenbedingungen ..... 94**
6.1 Beiträge der Akteure im „ideal state" ..... 94
6.2 Beitrag der absehbaren Änderungen auf die Tragfähigkeit abfallwirtschaftlicher Geschäftsmodelle über das Zieljahr 2025 hinaus ..... 98
6.3 Anreiz- und Hemmnis-Situation unter den veränderten Rahmenbedingungen im Vergleich zum Status Quo ..... 100
6.4 Verbleibendes Delta nach Änderungen der Rahmenbedingungen ..... 102
6.5 Gestaltungsoptionen zur Schließung des Rest-Deltas ..... 103
**7 Beantwortung der Kernfrage ..... 108**
**8 Fazit und weiterer Forschungsbedarf ..... 110**
**9 Literatur ..... 113**
**10 Anhang - Leuchtturmprojekte mit innovativen Ansätzen ..... 123**

## Abbildungen

Abbildung 1: Abfallhierarchie inklusive Definition der einzelnen Hierarchiestufen .....20
Abbildung 2: Die Abfallkette .....34
Abbildung 3: Sammlungsarten und ihre Nutzung in Deutschland im Jahr 2013 .....36
Abbildung 4: Ablauf Textilsortierung .....37
Abbildung 5: Arten des closed-loop Recyclings .....39
Abbildung 6: Übersicht Akteure der textilen Abfallkette .....43
Abbildung 7: Kategorien der wichtigsten Fasern .....45
Abbildung 8: Weltweite Produktionsanteile nach einzelnen Faserarten im Jahr 2018 .....46
Abbildung 9: SWOT-Analyse Materialdeklarationssystem .....60
Abbildung 10: SWOT-Analyse RFID .....63
Abbildung 11: SWOT-Analyse Marker-Technologie auf Materialebene .....64
Abbildung 12: SWOT-Analyse Infrarotspektroskopische Methoden .....68
Abbildung 13: SWOT-Analyse Hyperspectral Imaging .....69
Abbildung 14: SWOT-Analyse biochemisches Recycling von Mischmaterialien .....70
Abbildung 15: SWOT-Analyse chemisches Recycling von Mischmaterialien .....72
Abbildung 16: Ablauf automatische Sortieranalage mit NIR-Technologie .....82
Abbildung 17: Beiträge der Akteure in einem Wertschöpfungskreislauf .....95
Abbildung 18: Mögliche Gestaltungsoptionen und ihre Eignung zum Schließen des Deltas .....107

## Tabellen

Tabelle 1: Übersicht Kriterien und ihre Merkmalsausprägungen .....31
Tabelle 2: Übersicht Anreiz- und Hemmnis-Analyse .....48
Tabelle 3: Kategorien zur Auswertung der Experteninterviews .....76
Tabelle 4: Business Model Canvas Anlage für Plattform für den Aufbau von Know-How und Kooperation von Sortierern, Recyclern und Designern .....77
Tabelle 5: Kriterien in Richtung CE angewendet auf Geschäftsmodell Know-How Plattform .....79
Tabelle 6: Business Model Canvas automatische Sortieranlage mit NIR-Technologie .....81
Tabelle 7: Kriterien in Richtung CE angewendet auf Geschäftsmodell Automatische Sortieranlage .....84
Tabelle 8: Business Model Canvas Anlage für Faser-zu-Faser-Recycling von Mischmaterialien mithilfe von chemischem Recycling .....88
Tabelle 9: Kriterien in Richtung CE angewendet auf Geschäftsmodell Faser-zu-Faser-Recycling .....90
Tabelle 10: Übersicht Anreiz- und Hemmnis-Analyse unter den veränderten Rahmenbedingungen .....101
Tabelle 11: Technologie zur Informationsweitergabe .....123
Tabelle 12: Sortiertechnologie .....125
Tabelle 13 Recyclingtechnologie .....127

## Abkürzungen

| | |
|---|---|
| AbfAblV | Abfallablagerungsverordnung |
| AbfRRL | Richtlinie 2008/98/EG vom 19. November 2008 über Abfälle |
| | (Abfallrahmenrichtlinie) |
| CE | Circular Economy |
| CMR | cancerogen mutagen reprotoxic (krebserzeugend, erbgutverändernd, reproduktionstoxisch) |
| ECHA | European Chemical Agency (Europäische Chemikalienagentur) |
| ELV | End-of-life vehicle (Altfahrzeug) |
| EPR | Extended producer responsibility (erweiterte Herstellerverantwortung) |
| EU | Europäische Union |
| HI | Hyperspectral Imaging |
| IR | Infrarotspektroskopie |
| KrWG | Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz) |
| MDS | Materialdeklarationssystem |
| NCEAP | New Circular Economy Action Plan |
| NIRS | Nahinfrarotspektroskopie |
| örE | Öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger |
| PBB | Polybromierte Phenyle |
| PFOA | Perfluoroctansäure |
| PFOS | Perfluoroctansulfonsäure |
| POP | Persistent Organic Pollutants (Persistente organische Schadstoffe) |
| REACH | Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals |
| | (Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien) |
| RFID | Radio Frequency Identification |
| SCCP | Short-Chain Chlorinated Paraffins (kurzkettige Chlorparaffine) |
| SDG | Sustainable Development Goal (Nachhaltigkeitsziele der UN) |
| SPC | Sustainable Production and Consumption (Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster) |
| SWD | Staff Working Document (Arbeitsdokument der Kommissionsdienststellen) |
| SWOT | Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats |
| UN | United Nations (Vereinte Nationen) |
| UNCTAD | United Nations Conference on Trade and Development |
| | (Konferenz der Vereinten Nationen für Handel und Entwicklung) |
| UPI | Unique Product Identifier (eindeutige Produiktkennung) |
| WEEE | Waste of Electrical and Electronic Equipment (Elektro- und Elektronikgeräte-Abfall) |

# 1
# Einleitung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den Potenzialen von Circular Economy (CE) in der Abfallwirtschaft von Textilien. Sie untersucht, welche möglichen zukünftigen abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodelle für Textilien in einer CE Erfolg haben können und inwieweit sich die Rahmenbedingungen für solche Geschäftsmodelle verändern müssen.

## 1.1
## Ausgangssituation und Problemlage

Die heutige Wirtschafts- und Produktionsweise basiert weitgehend auf dem Prinzip der Linearwirtschaft. Produkte benötigen für ihre Herstellung abgebaute und verarbeitete Ressourcen. Nach der Nutzung entsorgt der Konsument diese Produkte als Abfall. Die Behandlung dieser Abfälle erfolgt normalerweise durch Verbrennung (thermische Verwertung) oder Deponierung. Dieses "take, make, dispose"-Prinzip zieht Rohstoffe aus dem Verkehr oder zerstört diese, anstatt sie als Sekundärrohstoffe wiederzugewinnen. Solch eine Wegwerfwirtschaft kann jedoch nur dann funktionieren, wenn die Primärrohstoffe in unlimitierten Maß zur Verfügung stehen. Da aber auf der einen Seite die Nachfrage nach Produkten immer weiter steigt, auf der anderen Seite aber die Vorkommen an natürlichen Ressourcen endlich ist, wird die heutige Art des Wirtschaftens unweigerlich an ihre Grenzen stoßen.

Auch die Vereinten Nationen (UN) haben erkannt, dass diese Art zu Wirtschaften nicht dazu beiträgt, dass alle Menschen ein Leben in Würde jetzt und in Zukunft führen können. Aus diesem Grund thematisiert die UN in ihrer Agenda 2030 das Feld Konsum und Produktion. Dieses wird in dem Sustainable Development Goal (SDG) 12 aufgegriffen, welches verantwortungsvolle Konsum- und Produktionsmuster (SPC) fordert. Dabei setzt die UN u.a. das Ziel das Abfallaufkommen bis 2030 durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung deutlich zu verringern (SDG 12.5).

Die CE kann ein wichtiger Schritt sein, dieses Ziel zu erreichen. Sie bildet den Gegenentwurf zur Linearwirtschaft. Dabei hat die CE zum Ziel, Abfälle und Emissionen mithilfe von neuartig designten Materialien, Produkten, Systemen, aber auch Geschäftsmodellen zu vermeiden. Dies soll das Entstehen von Kosten, die Ausnutzung von Ressourcen und die Beeinträchtigung des Lebens der zukünftigen Generationen verhindern (European Commission 2020b, S. 3). Auch die EU hat das Potential der CE erkannt und bereits 2015 das Circular Economy Package auf den Weg gebracht. Die Europäische Kommission setzt darauf, dass die CE die langfristige Wettbewerbsfähigkeit der EU sichern wird. Dieser Eindruck bestärkt sich durch die Veröffentlichung des „Green Deals“ und des New Circular Economy Action Plans (NCEAP) im Jahr 2019 bzw. 2020. Dabei forciert die Europäische Kommission den Übergang zu einer CE und plant mit neuen Maßnahmen neue Anreize für die Akteure dieser Transformation zu setzten.

Gleichzeitig bringen diese Maßnahmen auch neue Anforderungen für die Textil- und die Abfallbranche mit sich, da der Übergang zu einer CE einen grundlegenden Paradigmenwechsel in der Textil- und der Abfallwirtschaft darstellt. Er erfordert eine Transformation der Industriebetriebe, die Abfall dann entweder als wertvolle Ressource verstehen– oder den Begriff Abfall vollständig eliminieren müssen. Dies geschieht, indem sie Produkte für definierte Anwendungsszenarien, Demontage und Recycling in Kreisläufen konzipieren (GIZ 2019, S. 8). Das aber setzt voraus, dass jeder Akteur auch von der Leistung des Gesamtsystems profitiert.

Deswegen spielt die Abfallwirtschaft in diesem Zusammenhang eine große Rolle. Sie muss als integraler Bestandteil einer funktionierenden CE zur Abfallvermeidung und zur Bereitstellung hochwertiger Sekundärressourcen beitragen. End-of-Use-Maßnahmen wie Recycling und Upcycling werden als herausragende Ansätze angesehen, die Stoffkreisläufe zu schließen und die Stoffqualität von Textilien so lange wie möglich zu erhalten. Die Abfallwirtschaft muss sich dabei von einem Abfallentsorger, dessen Rolle sie zurzeit in der Textilwirtschaft einnimmt, zu einem Abfallverwerter und Rohstofflieferanten entwickeln, der seinen Teil zu einem Wertschöpfungskreislauf beiträgt.

Die Entwicklung hin zu einer CE ist nicht einfach und nur über mehrere Schritte möglich. Sie wird nicht automatisch geschehen. Der Prozess wird aus einer schrittweisen Auflösung der linearen Wirtschaft und einer Reorganisation in zirkuläre Geschäftsprozesse bestehen. Hierzu sind Geschäftsmodelle nötig, welche ermöglichen, dass die Ressourcen in den Kreisläufen zirkulieren. Die damit verbundene Herausforderung lässt sich thesenhaft wie folgt charakterisieren: Man benötigt einen verlässlicher Input-Stream, der sich in einer Weise organisieren lässt, dass Sekundärrohstoffe entstehen, die in Verfügbarkeit, Materialqualität und Preisniveau mit Rohmaterialien konkurrenzfähig sind. Nur solche Geschäftsmodelle können die Abhängigkeit von natürlichen Ressourcen reduzieren und einen Mehrwert für Unternehmen und ihre Stakeholder schaffen (Larsson 2018, S. 13; WBCSD, S. 5).

Damit dies gelingt, so die Ausgangshypothese, bedarf es Anpassungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen (Makro-Ebene) sowie in den Kooperationsmechanismen zwischen den an der Circular Economy beteiligten wirtschaftlichen Akteuren (Meso-Ebene).

Diese Arbeit geht davon aus, dass es – in prototypischer Betrachtung – zwei unterschiedliche Ausrichtungen von Unternehmen gibt, die in der abfallwirtschaftlichen Behandlung von Textilien tätig sind. Zum einen ist eine Strategie denkbar, die – solange als irgend möglich – an den bisherigen Geschäftsmodellen festhält (Typ A: reaktive Strategie); zum anderen gibt es Unternehmen, die die Chancen einer Umgestaltung in Richtung CE aktiv angehen (Typ B: proaktive, an den Zielen Nachhaltiger Entwicklung ausgerichteten Strategie). Die Arbeit orientiert sich an Typ B und fragt, welche Hilfestellungen entsprechend ausgerichtete Unternehmen benötigen, um Geschäftsmodelle, die sich an den

Anforderungen der Circular Economy ausrichten, dauerhaft erfolgreich zu machen. In dem Maße, wie dies sichtbar ist, dürften sich auch die Unternehmen vom Typ A veranlasst sehen, ihre Geschäftsmodelle anzupassen.

## 1.2
## Kernfrage

Aus der zuvor beschriebenen Problemlage ergibt sich folgende Kernfrage: „Empfiehlt es sich, im Hinblick auf an den Anforderungen der Circular Economy ausgerichteten Geschäftsmodellen für Abfallunternehmen im Bereich Textilien, die Rahmenbedingungen auf Meso- oder Makro-Ebene zu verändern und – wenn ja – in welcher Weise?"

Die Kernfrage ist in mehreren Schritten zu beantworten, um die unterschiedlichen Aspekte zu ergründen.

Zunächst ist zu klären, welche normativen Anforderungen für die Akteure auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene entstehen. Daraus ergibt sich die erste Teilfrage „Welche normativen Anforderungen entstehen für die textilen Akteure durch die Regulierungen auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene und welche Kriterien lassen sich daraus für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung CE ableiten?"

Der zweite Teil betrachtet die textil- und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und beantwortet die Frage: „Wie gestalten sich die aktuellen textil- und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und das damit einhergehende Verhalten der Akteure und welche Lücken ergeben sich im Vergleich zu den normativen Anforderungen?"

Im nächsten Schritt untersucht diese Arbeit, ob innovative Ansätze diesen Lücken bereits begegnen und inwieweit sich diese Ansätze für die Akteure der Abfallwirtschaft als nutzbare Geschäftsmodelle eignen: „Welche innovativen Ansätze zur Abfallbehandlung von Textilien gibt es bereits und inwieweit eignen diese sich diese als Grundlage für neue Geschäftsmodelle in einer Circular Economy?"

Aufbauend auf den vorhandenen innovativen Ansätzen entwickelt diese Arbeit mögliche zukünftige Geschäftsmodelle und bewertet diese anhand der zuvor erarbeiteten Kriterien: „Wie können zukünftige Circular Business Modelle für Abfallunternehmen in der Textilbranche aussehen und erfüllen diese die Kriterien in Richtung CE?"

Zuletzt behandelt die letzte Teilfrage folgende Thematik: „Welche Lücken in den Rahmenbedingungen bestehen auch über den Status Quo hinaus und hindern die Erfüllung der Soll-Anforderungen durch die Akteure?"

Das Beispiel der Textilbranche bietet sich aus unterschiedlichen Gründen an. Auf der einen Seite sieht die aktuelle Europäische Kommission den Textilsektor als einen der primären Sektoren, in dem die Aktivitäten hin zu einer CE priorisiert werden müssen. Zusätzlich betont die Kommission die Dringlichkeit, diese

Transformation voranbringen zu müssen (European Commission 2015b, S. 2, 2019e, S. 5). Auf der anderen Seite existiert bis zu diesem Zeitpunkt noch kein Recycling von Kleidung zu Kleidung in großem Umfang. Die Recyclingtechnologien haben also, trotz ihres langen Bestehens, noch wesentliche Einschränkungen (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 91).

## 1.3
## Methodisches Vorgehen

Das Vorgehen dieser Thesis ist angelehnt an die transdisziplinären Delta-Analyse der Sonderforschungsgruppe Institutionenanalyse (Kleihauer 2016), die sieben Schritte vorsieht.

Der erste Schritt erfasst die konkrete Problemsituation im Hinblick auf Risiko- und/oder Nachhaltigkeitsaspekte. Darauf aufbauend erarbeitet die Analyse den angestrebten Zielzustand („Soll-Zustand") der betrachteten Entwicklung. Grundlage hierfür bilden die für die Problemsituation maßgeblichen normative Kriterien. Außerdem ist es nötig, die für die Fragestellung relevanten Akteure zu identifizierte und deren notwendige Verhaltensweisen zu ermitteln. Im dritten Schritt findet eine Ist-Analyse statt. Diese Analyse ermittelt die maßgeblichen Zusammenhänge und Faktoren, die zu einer nicht-nachhaltigen Entwicklung führen. Dazu gehört auch eine Anreiz- und Hemmnis-Analyse bezüglich des Verhaltens der Akteure. Der vierte Schritt bildet einen Vergleich des Ist- und des Sollzustandes. Aus diesem Vergleich ergibt sich das Delta. Dieses Delta gilt es zu schließen, damit die Akteure die Verhaltensbeiträge erbringen, die im Hinblick auf das „Soll" erforderlich sind. Der fünfte Schritt erarbeitet deswegen Lösungsansätze, die das Delta so gut wie möglich verkleinern sollen. Die ermittelten Lösungsansätze sind im nächsten Schritt am Beitrag zur Zielerreichung zu messen, woraus sich das verbleibende Delta herausstellt, welches es mithilfe von Gestaltungsoptionen zu schließen gilt.

Bei dieser transdisziplinären Delta-Analyse stellen die normativen Anforderungen im Status quo auf der Ebene der Vereinten Nationen (UN) und der Europäischen Union (EU), der Bundesebene sowie der Kommunalebene an die Akteure der Abfallkette den Soll-Zustand dar. Dabei bildet die Analyse der Gesetzestexte und -initiativen die Grundlage für die Erarbeitung der normativen Kriterien.

Die Ist-Analyse zeigt sich anhand der Anreiz- und Hemmnis-Situation der zentralen Akteure und der aktuellen Abfallsituation im Textilsektor in Deutschland. Dies geschieht mit Hilfe einer Literaturrecherche. Das sich daraus ergebene Delta zeigt zum einen die normativen Lücken auf und macht zum anderen deutlich, inwieweit es Verbesserungsbedarf bei den textil- und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und somit auch dem Verhalten der Akteure gibt. Das Delta ergibt sich aus dem Vergleich der Rahmenbedingungen inkl. dem Verhalten der Akteure im Ist-Zustand im Vergleich zu den normativen Anforderungen des Soll-Zustandes.

Im Anschluss sind Lösungsansätze herauszuarbeiten, die die herausgearbeiteten Lücken schließen. Diese Lösungsansätze stellen neue Geschäftsmodelle dar, die die abfallwirtschaftliche Behandlung von Textilien in Richtung CE transformieren sollen. Grundlage für diese Geschäftsmodelle bilden innovative Ansätze zur Optimierung der Behandlung von Alttextilien. Diese Ansätze untersucht diese Arbeit mittels Literaturrecherche und ermittelt ihre Eignung als Grundlage für Geschäftsmodelle durch SWOT-Analysen. Die Ausarbeitung der Geschäftsmodelle erfolgt mithilfe des Business Model Canvas. Zusätzlich führt die Autorin Experteninterviews mit verschiedenen Akteuren der textilen Abfallbehandlung durch. Basis für diese Interviews ist ein Leitfaden nach einer Methode von Gläser und Laudel. Er ermöglicht eine strukturierte Vorgehensweise und vergleichbare Ergebnisse. Auch bei der Auswertung greift die Autorin auf eine Methode von Gläser und Laudel zurück: die qualitative Inhaltsanalyse. Nach der Ausarbeitung sind die Geschäftsmodelle an den normativen Kriterien zu messen.

Es ist davon auszugehen, dass sich durch die neuen Geschäftsmodelle nicht alle Soll-Anforderungen erreichen lassen. Deswegen gilt es, nachfolgend das übrig gebliebene „Rest-Delta" zu bestimmen. Um dieses „Rest-Delta" zu schließen, bedarf es Gestaltungsoptionen. Die Gestaltungsoptionen ergeben sich hinsichtlich der in Betracht kommender Änderungen in den Rahmenbedingungen auf Meso- und Makroebene. Sie bilden die Beantwortung der Kernfrage.

## 1.4
## Aufbau der Arbeit

Die Arbeit ist in acht Kapitel untergliedert, welche sich an den Teilfragen zur Kernfrage (siehe Abschnitt 1.2) und dem Aufbau der transdisziplinären Delta-Analyse (siehe Abschnitt 1.3) orientieren. Kapitel 2 befasst sich mit den normativen Anforderungen an die textilen Akteure auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene und den daraus resultierenden Kriterien für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung CE.

Kapitel 3 untersucht die aktuellen textil- und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen mit dem Fokus auf Deutschland und das daraus resultierende Verhalten der Akteure. Zusätzlich legt das Kapitel durch den Vergleich der normativen Anforderungen mit dem aktuellen Zustand die bestehenden Lücken in den Rahmenbedingungen offen.

Kapitel 4 analysiert bereits vorhandene innovative Ansätze zur Abfallbehandlung und bewertet diese nach ihrer Eignung als Geschäftsmodelle in einer CE. Aufbauend auf diesen Ansätzen erarbeitet Kapitel 5 Lösungsansätze in Form von neuen abfallwirtschaftliche Geschäftsmodellen für Textilien, welche helfen sollen, die zuvor identifizierten Lücken in den Rahmenbedingungen zu schließen. Zusätzlich erfolgt eine Bewertung der erarbeiteten Geschäftsmodelle nach den erarbeiteten Soll-Kriterien.

Im Anschluss untersucht Kapitel 6 die verbleibenden Lücken in den Rahmenbedingungen, welche auch zukünftig nicht durch die Geschäftsmodelle und die absehbaren Änderungen in den Rahmenbedingungen geschlossen werden können. Diese Lücken bilden den Ausgangspunkt für die Untersuchung von geeigneten Gestaltungsoptionen.

Auf den Erkenntnissen der vorherigen Kapitel aufbauend beantwortet Kapitel 7 die Kernfrage. Die Arbeit endet mit einem Fazit und der Untersuchung des weiteren Forschungsbedarfs in Kapitel 8.

# 2
# Normative Rahmenbedingungen

Die normativen Vorgaben auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene bilden den Rahmen, in dem sich neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in der CE entwickeln können. Dabei stellt sich die Frage, welche normativen Anforderungen für die textilen Akteure durch die Regulierungen auf den unterschiedlichen Ebenen entstehen und welche Kriterien sich daraus für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung CE ableiten lassen.

Zunächst erklärt Abschnitt 2.1 das heutige Verständnis des Begriffs CE. Im Anschluss analysiert Abschnitt 2.2 die normativen Anforderungen auf den drei Ebenen. Abschnitt 2.3 untersucht zusätzlich die absehbaren normativen Entwicklungen über den Status Quo hinaus. Zuletzt erarbeitet Abschnitt 2.4 Kriterien, welche abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle zum Einhalten der Soll-Anforderungen erfüllen müssen.

## 2.1
## Das Verständnis von Circular Economy und die Rolle von Textilien

Die CE unterscheidet sich von der aktuellen linearen Wirtschaftsweise, da sie den Wert von Produkten und Materialien so lange wie möglich erhalten möchte. Sie hat zum Ziel, Abfälle und den Ressourcenverbrauch zu minimieren. Aus diesem Grund sollen Produkte über einen langen Zeitraum auf dem Markt verbleiben. Wenn ein Produkt das Ende seiner Lebensdauer erreicht hat, sollen seine Materialien wiedergewonnen werden, sodass diese zur weiteren Wertschöpfung eingesetzt werden können. So verbleiben dessen Ressourcen weiterhin in der Wirtschaft, die diese immer wieder produktiv nutzen kann (European Commission 2014, S. 2).

Die Europäische Kommission sieht in einem Übergang zu einer CE große wirtschaftliche Vorteile, da diese zu Innovation, Wachstum und der Schaffung von Arbeitsplätzen beitragen kann. Durch die Erschließung neuer, zirkulärer Geschäftsmodelle entsteht eine neue Generation innovativer, ressourceneffizienter europäischer Unternehmen, welche saubere Produkte und Dienstleistungen herstellen und weltweit exportieren (European Commission 2019b).

Die EU hat fünf Handlungsfelder für den Übergang hin zu einer CE definiert (European Commission 2019b):

- Produktdesign: Das Produktdesign ist der Schlüssel zur Erleichterung des Recyclings und trägt dazu bei, Produkte leichter zu reparieren oder haltbarer zu machen und damit wertvolle Ressourcen zu sparen.
- Produktion: In der Produktion müssen Produktionsprozesse verbessert werden, um Ressourcen effizienter zu nutzen, weniger Abfall zu produzieren und den Einsatz von Sekundärrohstoffen zu fördern.

- Konsum: Die Konsumentscheidungen der Verbraucher bestimmen, welche Produkte Erfolg haben. Ihre Entscheidungen können die CE unterstützen oder behindern.
- Sekundärrohstoffe: Sekundärrohstoffe machen nach wie vor nur einen kleinen Teil der in der EU verwendeten Materialien aus (insgesamt etwa 10 %). Es bestehen erhebliche Hindernisse für ihre Aufnahme in die Wirtschaft. Wichtig in diesem Handlungsfeld ist es Vertrauen zu schaffen und es Sekundärrohstoffen zu ermöglichen, vom Binnenmarkt zu profitieren.
- Innovationen und Investitionen: Forschung und Innovation sind der Schlüssel, um den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen und die Wettbewerbsfähigkeit der EU-Industrie zu stärken.

Die Notwendigkeit des Übergangs zu einer CE ist als wesentliches Element bei der Entwicklung einer CO2-armen, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft anerkannt (European Commission 2019a, S. 8). Dabei stellt die Textilindustrie einen Sektor dar, in der die CE einen großen Unterschied machen kann. Durch die große Verschwendung an Rohstoffen, welche der Konsument nur kurz verwendet, nicht wiederbenutzt und die Abfallindustrie nicht recycelt, gehen viele Ressourcen verloren. Entsorgte Post-Consumer-Textilien und andere Textilabfälle stellen einige der großen Probleme dar, die durch die Textilbranche erzeugt werden. Dabei gelten die Vorteile, die durch eine CE entstehen, auch für den Textilsektor. Aufgrund dessen steht auch die Textilbranche vor der Herausforderung, ihr jetziges lineares Wirtschaftsmodell in ein zirkuläres Wirtschaftsmodell umzuwandeln (Fontell und Heikkilä 2017, S. 11; Wolde und Korneeva 2019, S. 13).

Die deutsche Übersetzung von Circular Economy "Kreislaufwirtschaft" wird häufig allein für die Themen Abfallbewirtschaftung und Recycling verwendet. Dabei geht das Gesamtkonzept der Circular Economy, wie in diesem Abschnitt beschrieben, weit über diese Themengebiete hinaus. Aus diesem Grund verwendet diese Arbeit den Begriff Circular Economy, um möglichen Verwechslungen vorzubeugen.

## 2.2
## Normative Anforderungen im Status Quo

Der normative Rahmen in Europa ist von den Entwicklungen auf globaler Ebene geprägt. Gleichzeitig beeinflusst Europa die Gesetzgebung in Deutschland stark.

### *2.2.1* Auf internationale Ebene

Die Rio-Deklaration bildet das normative Fundament internationaler Politiken in Bezug auf nachhaltige Entwicklung (Sands et al. 2012, S. 42). In Bezug auf den Umgang mit Textilien gewinnt Grundsatz 8 an Bedeutung. Dieser fordert, dass die Staaten „*nicht nachhaltige Produktionsweisen und Konsumgewohnheiten*

*abbauen und beseitigen*" (United Nations 1992, S. 2). Dabei bezieht er sich zwar nicht explizit auf Textilien, schließt diese aufgrund seiner globalen Bedeutung jedoch mit ein.

Im Rahmen der Rio+20 UN-Konferenz über Nachhaltige Entwicklung 2012 in Rio de Janeiro griffen die Staatschefs diesen Grundsatz 20 Jahre später auf. Sie verabschiedete den 10-Jahres-Rahmen der Programme Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster (10YFP). Er zielt darauf ab, die Initiativen und Politiken zu fördern, welche eine nachhaltige Ressourcennutzung anstreben und auf CE-Ansätzen beruhen. Hierdurch hebt das Programm die Bedeutung von CE für nachhaltige Produktions- und Konsummuster (SCP) hervor (Schenten und Führ 2018; United Nations 2012, S. 2–8). Die wichtige Rolle von SCP zeigt sich mit der Aufnahme als eigenständiges Ziel (Ziel 12) in den 17 Nachhaltigkeitszielen der Agenda für nachhaltige Entwicklung bis 2030. Eine Absicht dieser im Jahr 2015 unterzeichneten Agenda ist „*den Planeten vor Schädigung zu schützen, unter anderem durch nachhaltigen Konsum und nachhaltige Produktion, die nachhaltige Bewirtschaftung seiner natürlichen Ressourcen und umgehende Maßnahmen gegen den Klimawandel, damit die Erde die Bedürfnisse der heutigen und der kommenden Generationen decken kann.*" (Generalversammlung 2015, S. 1; BMU 2018). Dabei bekräftigt Ziel 12.1 die zentrale Bedeutung des 10YFP für diesen Wandel und fordert die Umsetzung dieses Programmes. Zusätzlich fordert SDG 12.2 die „*nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen bis 2030*". SDG 12.4. verlangt „*einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus bis 2020 […], um ihre nachteiligen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt auf ein Mindestmaß zu beschränken.*" Zuletzt fordert SDG 12.5., dass das Abfallaufkommen bis 2030 deutlich verringert wird (Generalversammlung 2015, S. 22). Die UN sieht die Bedeutung, welche Textilien bei der Erreichung der SDGs haben und schreibt diesen eine wichtige Rolle zu (UNECE 2018, S. 3). Das zeigt sich auch durch die Vereinbarung auf dem Politischen Forum für Nachhaltige Entwicklung am 10. Juli 2018 in New York, bei dem 10 verschiedene UN-Organisationen die Gründung einer UN-Allianz für nachhaltige Mode beschlossen und umgesetzt haben (United Nations 2020).

Die UN sieht Textilien außerdem mit denen in ihnen am Beginn des Lebensweges verwendeten Rohstoffen als großen Ressourcenverschwender an. Die UN-Konferenz für Handel und Entwicklung (UNCTAD) stuft die Textilindustrie sogar als die Industrie ein, welche die Welt am zweitstärksten verschmutzt. Neben dem hohen Verbrauch an verwendeten Ressourcen und dem hohen Pestizid- und Chemikalieneinsatz im Herstellungsprozess, begründet die UNCTAD diese Einschätzung mit dem immensen Ausstoß der Industrie an Emissionen in der Produktion und beim Transport. Außerdem stuft die UN auch die großen Mengen an Abfall, welche den falschen Abfallströmen zugeführt werden, als kritisch ein (United Nations 2019). Mit einer rohstofflichen Verwertung der Textilabfälle

trägt man folglich dazu bei, die unerwünschten Wirkungen aus der Gewinnung und Verarbeitung der Rohstoffe zu verringern.

Ein weiterer Baustein der Problemkonstellation ist der Umstand, dass in Textilien viele verschiedene Arten von Chemikalien zum Einsatz kommen, z.B. als Flammschutzmittel oder Beschichtungen. Auch das Umweltprogramm der UN stuft die Textilbranche 2019 in ihrem Global Chemicals Outlook II, als chemieintensive Industrie ein (UNEP 2019, S. 2). Daher sind Beschränkungen zum Einsatz von Chemikalien auch häufig für Textilien relevant. Diese zielen darauf ab, die Produktion und Verwendung schädlicher chemischer Substanzen zu eliminieren oder zu begrenzen. Persistente organische Schadstoffe (POP) sind global reguliert und ihre Verwendung ist durch die Stockholmer Konvention (auch POP-Konvention) verboten oder stark eingeschränkt (BMU 2019; UNEP 2018). Dazu gehören mit Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) und kurzkettigen Chlorparaffine (SCCP) auch Substanzen, die in (Funktions-) Textilien zu finden sind.

Für die grenzüberschreitende Verbringung von textilen Abfällen gibt es auf globaler Ebene keine eigenständigen Regelungen. Die Konvention des Baseler Abkommens, welche die grenzüberschreitende Verbringung gefährlicher Abfälle und ihre Entsorgung regelt, stuft textile Abfälle nicht als gefährlich ein (Anlage IX Baseler Übereinkommen). Somit unterliegen sie grundsätzlich keinen speziellen Regelungen durch das Baseler Übereinkommens bei der Verbringung in andere Länder. Jedoch schließt die Nennung in Anlage IX nicht aus, dass ein Abfall im Einzelfall als gefährlich gilt. Grundlage für eine Umstufung ist, dass der Abfall in Anlage I genannte Stoffe z.B. Chrom-VI-Verbindungen in solchen Mengen enthält, dass er bestimmte Eigenschaften aufweist, z.B. giftige Stoffe (mit akuter Wirkung) oder toxische Stoffe (mit verzögerter oder chronischer Wirkung). Somit können entsorgte Textilien auch unter die Regelungen des Baseler Abkommens fallen, wodurch in diesem Fall Einschränkungen bei ihrem Transport entstehen können.

Zuletzt gibt es einige freiwillige Siegel- und Zertifizierungssystemen, welche sich (auch) auf Textilien anwenden lassen. Diese beziehen sich meist auf die Verwendung von gefährlichen Stoffen oder auf andere Kriterien, wie Standards zur sozialen Verantwortung oder die Umweltverträglichkeit der Produkte. So dient der Global Recycle Standard (GRS) dazu, den Recyclinganteil der Textilprodukte (sowohl der fertigen als auch der Zwischenprodukte) zu verifizieren und verantwortungsvolle soziale, ökologische und chemische Praktiken bei der Herstellung der Recyclingprodukte zu gewährleisten (Control Union Certifications 2020). Weitere Beispiele sind bekannte Zertifizierungsstandards wie GOTS, bluesign und Oekotex oder Umweltzeichen wie Fair Wear.

### *2.2.3*
### Auf europäischer Ebene

Die EU bezieht die Entwicklungen auf globaler Ebene in ihre Rechtsetzung mit ein. So führt sie nach dem Vorbild des Baseler Abkommens die EU-Abfallverbringungsverordnung zur Regelung der grenzüberschreitenden Verbringung von Abfällen ein. Auch diese stuft textile Abfälle als nicht gefährlich ein. Des Weiteren hat die EU die Verpflichtungen der POP-Konvention in der Verordnung (EU) 2019/1021 (EU-POP-Verordnung) für alle Mitgliedsstaaten bindend umgesetzt. Neben diesen Regelungen gibt es weitere Regelungen, die den normativen Rahmen auf EU-Ebene aufspannen.

#### Vorgaben aus dem Abfallrecht

Die Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) legt den Rechtsrahmen für den Umgang mit Abfällen in der EU fest. Ziel ist es, die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu schützen. Die Europäische Kommission möchte dies erreichen, indem sie die Bedeutung ordnungsgemäßer Techniken der Abfallbewirtschaftung, der Verwertung und des Recyclings zur Verringerung des Drucks auf die Ressourcen und die Verbesserung ihrer Nutzung hervorhebt (Artikel 1 AbfRRL). Einen wichtigen Teil der AbfRRL bildet die Abfallhierarchie (Art. 4 AbfRRL). Die Abfallhierarchie legt eine Rangfolge für die Behandlung von Abfällen fest. Danach ist das Recycling der sonstigen Verwertung und der Beseitigung vorzuziehen. Es befindet sich jedoch, hinter der Vermeidung und der Vorbereitung zur Wiederverwendung, nur an dritter Stelle der Hierarchie. Art. 6 des KrWG greift die Abfallhierarchie auf und definiert die Auswahl der passenden Hierarchiestufe genauer. Dabei hat laut Abs. 2 diejenige Maßnahme Vorrang, die den „*Schutz von Mensch und Umwelt (…) unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus am besten gewährleistet*“. Das bedeutet, dass unter Beachtung der technischen Möglichkeit, der wirtschaftlichen Zumutbarkeit und der sozialen Folgen, die zu erwartende Emissionen, das Maß der Schonung der natürlichen Ressourcen, die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie die Anreicherung von Schadstoffen zu bewerten sind. Abbildung 1 zeigt die Abfallhierarchie und die Definitionen der einzelnen Hierarchiestufen.

Abbildung 1: Abfallhierarchie inklusive Definition der einzelnen Hierarchiestufen

Eigene Darstellung nach Art. 3 und 4 AbfRRL

In einer CE sollten Materialien nur vorübergehend in der Abfallphase verbleiben, da das Ziel darin besteht, die Materialien zu verwerten und wieder in die Wirtschaft einzuführen, um Primärmaterialien zu ersetzen. Damit dies geschehen kann, ist es wichtig, dass die recycelten Abfälle nicht mehr als Abfall betrachtet werden, sondern als neue Rohstoffe. Damit Abfälle nicht mehr als Abfall gelten, müssen sie die so genannten "End-of-waste-Kriterien" erfüllen. Diese bestimmen, wann Abfälle den Status eines Produktes (oder eines Sekundärrohstoffes) erhalten und somit nicht mehr als Abfall gelten. Die Absätze 1 und 2 in Artikel 6 der EU- AbfRRL legen fest, dass bestimmte spezifizierte Abfälle nicht mehr als Abfall zu betrachten sind, wenn sie ein Verwertungsverfahren (einschließlich Recycling) durchlaufen haben und spezifische Kriterien erfüllen:

- Der Stoff oder der Gegenstand soll für bestimmte Zwecke verwendet werden;
- es besteht ein Markt für diesen Stoff oder Gegenstand oder eine Nachfrage danach;
- der Stoff oder Gegenstand erfüllt die technischen Anforderungen für die bestimmten Zwecke und genügt den bestehenden Rechtsvorschriften und Normen für Erzeugnisse und
- die Verwendung des Stoffs oder Gegenstands führt insgesamt nicht zu schädlichen Umwelt- oder Gesundheitsfolgen.

Dies ist für Textilien zum Beispiel dann der Fall, wenn diese nach der Sortierung markt- und tragfähige Artikel nach definierten Produktspezifikationen sind oder ein darauffolgendes Recyclingverfahren durchlaufen haben (Lottner 2012, S. 18). Durch die Festlegung dieser Kriterien zielt die EU-Abfallgesetzgebung darauf ab, gleiche Wettbewerbsbedingungen in der gesamten EU zu schaffen.

Dennoch bleiben Unterschiede zwischen den Mitgliedstaaten bestehen, wenn es um die Auslegung, Umsetzung und Durchsetzung des End-of-Waste-Status geht. Trotz der Bemühungen der Europäischen Kommission, Anleitungen zur Minimierung solcher Unterschiede bereitzustellen, betrachten Behörden in einigen Mitgliedsländern das gleiche Material immer noch als Abfall und in anderen Ländern nicht. Dies führt dazu, dass Akteure in grenzüberschreitenden Abfallketten oft unterschiedliche gesetzliche Regelungen einhalten müssen (European Commission 2019e, S. 22–23).

Die AbfRRL bestimmt auch Vorgaben zur Verwertung und Deponierung von Abfällen. Dabei kann eine erweiterte Herstellerverantwortung (EPR) die Einhaltung dieser Vorgaben unterstützen (Art. 8 AbfRRL). Dadurch sollen die Hersteller der Produkte die Kosten für die Sammlung, Behandlung und das Recycling ihrer Altprodukte tragen. Im Rahmen der WEEE-, Batterie- und ELV-Richtlinie ist die EPR für Batterien, Fahrzeuge und Elektro- und Elektronikgeräte für Hersteller in der EU bereits vorgeschrieben. Damit sie die Sammlung und Verwertung von Abfällen in größerem Maßstab fördern, können die Mitgliedstaaten die Nutzung der EPR-Politik auch auf andere Abfallströme anwenden. Für Textilien gibt es solche verpflichtenden Regelungen bislang diesbezüglich weder in Europa noch in Deutschland (Bukhari et al. 2018, S. 321; European Commission 2019f).

### Vorgaben aus REACH

Die EU hat den Umgang mit Chemikalien durch die REACH-Verordnung noch weitreichender geregelt. Diese enthält u.a. eine Liste von besorgniserregenden Stoffen, die einer Zulassung bedürfen oder Beschränkungen unterliegen. Auch Textilien fallen als Erzeugnisse unter die REACH-Verordnung. (European Commission 2019e, S. 37). So verbietet oder beschränkt Anhang XVII von REACH das Vorkommen von einigen besorgniserregenden Stoffen (SVHC) in Textilerzeugnissen, die dazu bestimmt sind, mit der Haut in Kontakt zu kommen. Hierzu zählen z.B. Nonylphenol, Polybromierte Phenyle (PBB) und Azofarbstoffe. Darüber hinaus gibt es Beschränkungen ohne weitere Spezifizierung für das „Inverkehrbringen in Erzeugnissen", wie z.B. die Beschränkung von Perfluoroctansäure (PFOA) in Erzeugnissen. Zusätzlich schränkt eine 2018 angenommenen Änderung des Anhangs XVII mehrere krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Stoffe (CMR-Stoffe) ein. Dies bezieht sich auch auf textile Produkte, die durch den Verbraucher Verwendung finden (z.B. Kleidung, Textilien, die mit der menschlichen Haut in Berührung kommen und Schuhe).

Des Weiteren sind die Lieferanten von Erzeugnissen (z. B. Produzent oder Händler) gemäß Artikel 33 REACH-Verordnung verpflichtet, ihre Abnehmer zu informieren, sofern ein SVHC in einer Konzentration über 0,1 Massenprozent im Erzeugnis enthalten ist. Die Information an gewerbliche Kunden muss dabei unaufgefordert erfolgen. Privaten Endverbrauchern müssen die Lieferanten auf Anfrage innerhalb einer Frist von 45 Tagen Auskunft geben.

### Vorgaben aus der Textilkennzeichnungsverordnung

Durch die EU-Textilkennzeichnungsverordnung entstehen für die Hersteller, wenn sie Textilprodukte auf dem EU-Markt in Verkehr bringen wollen, weitere Informationspflichten. Die Verordnung schreibt vor, dass die textilen Produkte gekennzeichnet, etikettiert oder von Dokumenten begleitet werden müssen (nur bei gewerblichen Empfängern von Textilien). Dafür müssen die Hersteller 95- 98% der in den Textilien enthaltenen Fasern gemäß den im Anhang der Verordnung aufgeführten Bezeichnungen aufführen. Das Etikett/die Kennzeichnung sollte dauerhaft, lesbar, sichtbar, zugänglich und sicher angebracht sein. Jedoch müssen die Hersteller nach dieser Verordnung nur Angaben über die Textilfasern machen, nicht aber über die Hilfsstoffe, die sie zur Herstellung verwenden (Bundesinstitut für Risikobewertung 2012, S. 1–2; Roos et al. 2019, S. 42).

### Das Circular Economy Package

Der Stellenwert der CE in der EU zeigt sich u.a. durch die Veröffentlichung des ersten Circular Economy Packages im Dezember 2015. Ziel des Paketes ist es, Recyclingmaßnahmen zu fördern und den grenzüberschreitenden Umlauf von Sekundärrohstoffen, vor allem in der EU, zu erleichtern. Dadurch soll sich der Einsatz von Sekundärrohstoffen erhöhen. Außerdem sollen bedenkliche Stoffe substituiert und wo dies nicht möglich ist, ihr vorhanden sein reduziert und ihre Verfolgung verbessert werden. Die Maßnahmen des Paketes sollen eine kreislauforientierte Wirtschaft ermöglichen, welche Produkte, Stoffe und Ressourcen so lang wie möglich im Wirtschaftskreislauf hält (European Commission 2015a, 2018b, S. 2). Das Ergebnis des 2019 abgeschlossenen Circular Economy Packages besteht aus zwei Teilen:

- Umsetzung eines umfangreichen Aktionsplans: Dieser Aktionsplan besteht aus 54 Maßnahmen, welche die CE in jeder Phase der Wertschöpfungskette fördern sollen (European Commission 2019d). Als Teil einer Maßnahme hat die Kommission ein Arbeitspapier (SWD) vorgelegt, welches den produktpolitischen Rahmen der EU analysiert und Produkte identifiziert, welche eine hohe Priorität für die CE haben. Zu diesen identifizierten Produkten gehören auch Textilien (European Commission 2019e, S. 5).
- Entwicklung eines Abfallpaketes: Dabei handelt es sich um Änderungsvorschläge für die Gesetzgebung im Abfallbereich. Von diesen Gesetzgebungen sind vier Richtlinien betroffen u.a. die EU- AbfRRL und die „Directive of Landfilling of waste".
- Durch die Änderungen der europäischen Gesetzgebung werden sich auch in Zukunft Neuerungen für die Textilbranche ergeben.

### Auf nationaler Ebene

Die nationale Gesetzgebung in Deutschland ist stark von den Entscheidungen in der EU geprägt. So setzt das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) die AbfRRL und das deutsche Textilkennzeichnungsgesetzt die europäische Textilkennzeichnungsverordnung in deutsches Recht um.

Neben der REACH-Verordnung regulieren auf deutscher Ebene auch weitere gesetzliche Regelungen die Verwendung bestimmter Stoffe, die bei der Herstellung von Produkten aus Textilien zur Verwendung kommen. Die Bedarfsgegenständeverordnung und die Chemikalien-Verbotsverordnung legen fest, dass einige Stoffe gar nicht (bestimmte Flammschutzmittel) oder nur in bestimmten Mengen (Pentachlorphenol: mehr als 5 mg je Kilogramm Textil) in Textilien vorkommen dürfen. Dabei bestehen nur punktuell für einige, als gesundheitsschädlich angesehene, Substanzen detaillierte gesetzliche Regelungen in Deutschland (Bundesinstitut für Risikobewertung 2012, S. 2).

Die deutschen Regelungen sind auf kommunaler Ebene nicht harmonisiert. So regeln Satzungen die Sammlung und Aufbereitung von haushaltsnah anfallenden Abfällen, inklusive Textilien, in den Kommunen. Dies führt dazu, dass sich sowohl der Umgang mit den Abfällen als auch die Rahmenbedingungen in den einzelnen Gebieten unterscheiden. So dürfen beispielsweise in Hamburg Bekleidungsmarken alle Arten von Kleidungsstücken sammeln. In Nordrhein-Westfalen hingegen dürfen Bekleidungsmarken nur ihre eigenen Post-Consumer-Textilien annehmen (GIZ 2019, S. 28–29).

## 2.3
## Absehbare Entwicklungen über den Status Quo hinaus

Auch zukünftig strebt die Europäische Kommission einen Weg an, der die CE fördert. Dabei stehen einige Entwicklungen bereits fest, andere sind noch nicht vollständig absehbar und von der Europäischen Kommission nicht gänzlich festlegt.

Fest steht, dass die Mitgliedstaaten ab 01. Januar 2025 die Getrenntsammlung von Textilien einführen müssen (Art. 11 Abs. 1 AbfRRL). Dies hat die EU mit der Änderung der AbfRRL im Rahmen des Circular Economy Packages festgelegt. Dabei fallen Textilabfälle unter Artikel 10 Absatz 4 der AbfRRL, und dürfen folglich nicht mehr einfach verbrannt werden. Zusätzlich hat die europäische Kommission mit ihrer Änderung der AbfRRL folgendes festgelegt: „*Bis zum 31. Dezember 2024 zieht die Kommission die Festlegung von Zielvorgaben für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling für […] Textilabfälle, […] in Betracht. Zu diesem Zweck legt die Kommission dem Europäischen Parlament und dem Rat einen Bericht vor, der gegebenenfalls von einem Gesetzgebungsvorschlag begleitet wird.*" (Artikel 11 Abs. 6 AbfRRL) Aus diesem Grund ist eine Änderung in der Gesetzgebung von Textilabfällen bis zum Jahr 2025 zu erwarten. Desweiteren sind die Mitgliedsstaaten ab 5. Januar 2021

verpflichtet, dass die Lieferanten von Erzeugnissen, also auch Textilien, der ECHA Informationen gemäß Art. 33(1) REACH zur Verfügung zu stellen. Diese sollen dann in einer Datenbank, auch für die Öffentlichkeit, sprich die Abfallbehandlungsunternehmen und Verbraucher, zugänglich sein.

Außerdem stellte die Europäische Kommission mit dem „Green Deals" Ende 2019 und dem dazugehörigen NCEAP im März 2020 neue Maßnahmenpakete für eine Transformation in Richtung CE vor. Dieser Deal soll den Übergang zu einer sauberen, kreislauforientierten Wirtschaft fördern, und somit den effizienten Umgang mit Ressourcen stärken, gegen den Verlust an Biodiversität vorgehen und die Schadstoffbelastung reduzieren. Dabei betrifft der „Green Deal" auch den Textilsektor(European Commission 2019c). Der NCEAP beinhaltet unterschiedliche Maßnahmen, die bis 2023 beginnen und dadurch den Übergang zu einer CE unterstützen sollen. Im Fokus stehen dabei sieben Produktwertschöpfungsketten, u.a. Textilien.

Aus diesem Grund kündigt die Europäische Kommission im Rahmen dieses Aktionsplans an, 2021 eine EU-Strategie für Textilien zu veröffentlichen. Ziel dieser Strategie ist die „*Stärkung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit und der Innovation in der Branche, der Ausbau des EU-Markts für nachhaltige und kreislauffähige Textilien, einschließlich […] der Förderung neuer Geschäftsmodelle*" (European Commission 2020a, S. 12). Dabei kündigt die Kommission, im Rahmen des NCEAP, bereits folgende geplante Maßnahmen an (European Commission 2020a, S. 12):

- Bereitstellung von Leitfäden zur Erreichung hoher Quoten bei der Getrenntsammlung von Textilabfällen, die die Mitgliedstaaten bis 2025 sicherstellen müssen;
- Verbesserung des wirtschaftlichen und regulatorischen Umfelds für nachhaltige und kreislauffähige Textilien in der EU, insbesondere durch Anreize für […] kreislauffähige Materialien und kreislauforientierte Produktionsprozesse und deren Förderung, sowie Steigerung der Transparenz durch internationale Zusammenarbeit;
- Förderung der Sortierung, der Wiederverwendung und des Recyclings von Textilien, auch durch Innovation; Förderung industrieller Anwendungen und Regulierungsmaßnahmen EPR;
- Anwendung des […] dargestellten neuen Rahmens für nachhaltige Produkte auf Textilien, einschließlich der Entwicklung von Ökodesign-Maßnahmen, um sicherzustellen, dass Textilprodukte für die CE geeignet sind; Gewährleistung der Verwendung von Sekundärrohstoffen; Umgang mit dem Vorhandensein gefährlicher Chemikalien und Befähigung von Unternehmen und privaten Verbrauchern, nachhaltige Textilien zu wählen […].

Außerdem möchte die Europäische Kommission 2021 die Ökodesign-Richtlinie im Rahmen einer Rechtsetzungsinitiative für eine nachhaltige Produktpolitik er-

weitern. Diese Änderung soll alle Schwerpunktproduktgruppen des Aktionsplans betreffen. Dies würde auch bedeuten, dass Textilien betroffen sind. Ziel dieser Erweiterung ist, dass der Ökodesign-Rahmen auf ein möglichst breites Produktspektrum angewendet werden kann und zur Kreislaufwirtschaft beiträgt. Dafür will die Kommission Nachhaltigkeitsgrundsätze und andere geeignete Wege zur Regulierung festlegen. U.a. soll dies folgende Aspekte betreffen (European Commission 2020a, S. 4–5):

- Erhöhung des Rezyklatanteils in Produkten bei gleichzeitiger Gewährleistung von deren Leistung und Sicherheit;
- Ermöglichung der Wiederaufarbeitung und ein hochwertiges Recycling;
- Verringerung des $CO_2$-Fußabdrucks und des ökologischen Fußabdrucks;
- Einführung eines Verbots der Vernichtung unverkaufter, nicht verderblicher Waren;
- Mobilisierung des Potenzials der Digitalisierung von Produktinformationen, mit Lösungen wie digitale Produktpässe, Markierungen und Wasserzeichen;
- Auszeichnung von Produkten auf der Grundlage ihrer jeweiligen Nachhaltigkeitsleistung, auch durch Schaffung von Anreizen für hohe Leistungsniveaus.

Durch den neuen Ökodesign-Rahmen soll die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen steigen. Um einen gut funktionierenden EU- Markt für Sekundärrohstoffe zu gewährleisten, plant die Kommission zusätzliche Maßnahmen. Sie will u.a. 2021 EU-weite End-of-Waste-Kriterien für bestimmte Abfallströme entwickeln. Dabei spezifiziert die Kommission jedoch nicht, für welche Abfallströme dies gelten soll (European Commission 2020a, S. 17). So bleibt die Frage offen, ob auch für Alttextilien End-of-Waste-Kriterien in Zukunft erarbeitet werden.

Um neben dem ausreichenden Angebot auch die Sicherheit der recycelten Rohstoffe bzgl. verbotener Inhaltstoffe zu gewährleisten, möchte die Kommission u.a. die Entwicklung von Lösungen für hochwertige Sortierung und die Entfernung von Schadstoffen aus Abfällen fördern (European Commission 2020a, S. 16).

Zusätzlich will die EU die Vorschrift über die Verbringung von Abfällen überarbeiten. Grund ist, dass Abfallexporte, neben negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit in den Bestimmungsländern, auch zum Verlust von wirtschaftlichen Chancen für die Recyclingindustrie in der EU führen. Ziel der Überarbeitung ist es, die Vorbereitung auf die Wiederverwendung und das Recycling von Abfällen in der EU zu erleichtern. Dabei soll die Ausfuhr von den Abfällen beschränkt werden, die schädliche Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit in Drittländern haben oder im Inland innerhalb der EU behandelt werden können. Außerdem soll die illegale Verbringung von Abfällen bekämpft und die Bewirtschaftung von Abfällen in Drittländern, in die, diese verbracht werden, verbessert werden (European Commission 2020a, S. 17–18).

Wie zuvor beschrieben, bildet der European „Green Deal" den Rahmen für den NCEAP. Neben dem Aktionsplan plant der „Green Deal" noch weitere Maßnahmen, die die Akteure der Abfallkette von Textilien beeinflussen könnten.

Der „Green Deal" soll auf nationaler Ebene den Rahmen für Steuerreformen bilden. Ziel ist es, u.a. Subventionen für fossile Brennstoffe abzuschaffen und die Steuerlast von Arbeit auf Umweltverschmutzungen zu verlagern. Ein Schritt hierbei ist der Vorschlag der Kommission zur Einführung neuer harmonisierter und flexibler Mehrwertsteuersätzen aus dem Jahr 2018, der derzeit dem Rat vorliegt (European Commission 2018a). Der „Green Deal" fordert diesen anzunehmen, damit die Mitgliedstaaten die Mehrwertsteuersätze gezielter einsetzen können, um höhere Umweltziele zu erreichen (European Commission 2019a, S. 21–22).

Viele der Beschlüsse lassen noch keine Vorhersagen zu, inwieweit genau sich die Anforderungen an die Akteure der Wertschöpfungskette verändern. Doch die europäische Kommission macht deutlich, dass sie im Bereich Textilien etwas ändern wird, um einen Wertschöpfungskreislauf im Sinne der CE zu ermöglichen.

## 2.4
### Kriterien für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung Circular Economy

Die normativen Rahmenbedingungen spannen die Anforderungen für die Akteure in einer CE auf (siehe Abschnitt 2.2). Damit die Akteure diesen Anforderungen gerecht werden können, müssen sie diese in ihren Geschäftsmodellen berücksichtigen. Geschäftsmodelle beschreiben, wie Unternehmen Wertschöpfung erzeugen. Sie zeigen die Wettbewerbsstrategie der Unternehmen. Dabei setzten abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in der Vergangenheit an dem Punkt an, wo Produkte, Materialien und Ressourcen zu Abfall werden. In einer CE hingegen müssen die Geschäftsmodelle anderen Anforderungen gerecht werden. Ein Fokus auf der reinen Behandlung von Abfällen reicht hier nicht aus. Vielmehr zeigen die normativen Anforderungen, dass zukünftige Geschäftsmodelle den Abfall als Gut mit wertvollen Ressourcen betrachten müssen, die es wiederzugewinnen gilt.

Geschäftsmodelle bestehen aus mindestens einer Schlüsselaktivität. Das sind Tätigkeiten, die von besonderer Bedeutung für den Erfolg eines Geschäftsmodells sind. Grundsätzlich kommen zwei verschiedene Ansätze in Betracht: die Schlüsselaktivität liegt im Bereich Verarbeitung oder im Bereich Dienstleistung. Schlüsselaktivitäten im Bereich Verarbeitung beschäftigen sich mit der Ressource Abfall, so z.B. mit der Sammlung, dem Transport und der Aufbereitung. Bei Dienstleistungen beinhalten die Schlüsselaktivitäten u.a. die Beratung der Kunden und die Problemlösung für ihre individuellen Anforderungen oder die Bereitstellung von Plattformen und Netzwerken im Bereich Abfallwirtschaft.

Um nun neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle auf ihre Eignung bzgl. der CE zu überprüfen, sind Kriterien nötig, die eine Bewertung und Einordnung der Geschäftsmodelle zulassen. Dieser Abschnitt entwickelt dazu ein Kriterienraster auf Grundlage der untersuchten Anforderungen. Die Kriterien des Rasters machen es dem Anwender möglich, die Einhaltung des normativen Rahmens abzuprüfen und dadurch zu ermitteln, ob ein neues Geschäftsmodell den Anforderungen einer CE gerecht wird.

Das Raster bildet sich dabei aus vier Kriterien, welche aus unterschiedlichen Merkmalen bestehen. Die Bewertung der Merkmale erfolgt anhand einer dreistufigen Skala. Dabei kann das Merkmal als erfüllt, unter Einschränkungen erfüllt oder nicht erfüllt gelten. Bei Merkmalen, die nur erfüllt oder nicht erfüllt sein können, wird die mittlere Einstufung ausgelassen. Ist das Merkmal erfüllt, wird es mit 1 Punkt bewertet, ist das Merkmal unter Einschränkungen erfüllt mit 2 und bei nicht Erfüllung erhält es 3 Punkte. Das Gesamtergebnis des Kriteriums errechnet sich nun aus dem Durchschnitt der Bewertung der einzelnen Merkmale. Das Kriterium gilt als erfüllt, wenn der Durchschnittswert gleich 1 ist. Demgegenüber ist das Kriterium nicht erfüllt, wenn der Durchschnittswert gleich 3 ist. In allen anderen Fällen gilt das Kriterium als unter Einschränkungen erfüllt. Ausnahme bilden die „Muss"-Merkmale. Sobald solch ein Merkmal nicht erfüllt ist, gilt das gesamte Kriterium auch als nicht erfüllt. Ein Geschäftsmodell erfüllt das Kriterienraster, wenn alle Kriterien als erfüllt bewertet werden. Das Geschäftsmodell erfüllt das Kriterienraster nicht, wenn ein Kriterium als nicht erfüllt bewertet wurde. In allen anderen Fällen erfüllt das Geschäftsmodell das Kriterienraster nur mit Einschränkungen.

Die Kriterien werden im Folgenden vorgestellt. Die anschließende Tabelle fasst diese Kriterien mit ihren Merkmalen zusammen und benennt die möglichen Merkmalsausprägungen:

### Kriterium 1: Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf

Dieses Kriterium beruht auf dem Circular Economy Package und dem NCEAP. Diese Aktionspläne haben zum Ziel, die Wertschöpfungskette in einen Wertschöpfungskreislauf umzuwandeln. Zusätzlich stützt es sich auf den Ansatz der Abfallhierarchie der AbfRRL höherwertige Abfallbehandlungen zu unterstützen.

Wenn ein Geschäftsmodell dieses Kriterium erfüllt, leistet es einen Beitrag dazu die Wertschöpfungskette in einen Wertschöpfungskreislauf zu transformieren.

Die dazugehörigen Merkmale untersuchen die Entwicklung im Sektor, aus dem der Abfall kommt, den das Geschäftsmodelle behandelt. Das Merkmal Abfallzuordnung zur Abfallhierarchie untersucht, wie sich die Quoten der einzelnen Abfallbehandlungen verändern. Dabei stellt das Kriterium sicher, dass das Geschäftsmodell die Behandlungsmethoden unterstützt, die den Wert der enthaltenen Ressourcen erhält (z.B. Faser-zu-Faser-Recycling, Wiederverwendung).

Gemessen wird dieses Merkmal anhand der Quoten der jeweiligen Abfallströme, die den unteren Stufen der Abfallhierarchie zugeführt werden (Beseitigung, sonstige Verwertung und Recycling, sofern dort der Wert der Ressourcen sinkt z.B. beim Downcycling). Sinken diese Quoten durch das Geschäftsmodell gilt das Merkmal als erfüllt. Können diese Quoten durch das Geschäftsmodell sinken, die Veränderung ist jedoch von weiteren Faktoren abhängig, ist das Merkmal als unter Einschränkungen erfüllt. Ansonsten gilt das Merkmal als nicht erfüllt. Das zweite Merkmal der Anteil an Sekundärrohstoffen untersucht, ob das Geschäftsmodell einen Beitrag leistet, dass der Anteil der Sekundärrohstoffe auf dem Markt sich erhört. Erhöht sich der Anteil durch das Geschäftsmodell, gilt das Merkmal als erfüllt. Kann sich der Anteil durch das Geschäftsmodell erhöhen, die Veränderung ist jedoch von weiteren Faktoren abhängig, ist das Merkmal unter Einschränkungen erfüllt. Wenn nicht, gilt das Merkmal als nicht erfüllt. Dabei gelten beide Merkmale als „Muss"-Merkmale, die, wenn sie nicht erfüllt sind dazu führen, dass das Kriterium Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf nicht erfüllt ist.

### Kriterium 2: Transparenz zwischen den Akteuren

Grundlage für dieses Kriterium sind das Circular Economy Package und der NCEAP. Außerdem bilden die sektorübergreifenden erzeugnisbezogenen Transparenz-Anforderungen aus REACH und der AbfRRL sowie der sektorspezifischen Vorgaben, welche eine verbesserte Kommunikation und eine erhöhte Transparenz fördern und fordern, die Basis.

Wenn das Kriterium Transparenz zwischen den Akteuren erfüllt ist, verbessert das Geschäftsmodell die Kommunikation zwischen den betroffenen Akteuren und erhöht die Transparenz im Wertschöpfungskreislauf. Das bedeutet, dass die Akteure die Informationen miteinander effektiv und effizient teilen, die für eine Transformation hin zu einer CE benötigt werden.

Das Merkmal, das es für dieses Kriterium zu untersuchen gilt, ist: der Informationsfluss. Dieses Merkmal untersucht, inwieweit das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren entlang der gesamten Wertschöpfungskette weitergegeben werden. Bietet das Geschäftsmodell diese Möglichkeit gilt das Merkmal als erfüllt. Im Gegensatz gilt das Merkmal als nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell keine Möglichkeit dazu bietet. Das Merkmal ist unter Einschränken erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen manchen Akteuren punktuell weitergegeben werden.

### Kriterium 3a: Schlüsselaktivität (wenn diese im Bereich Verarbeitung liegt)

Dieses Kriterium beruht zum einen auf dem Ziel des 10YFP nachhaltige Prozesse in der Produktion zu etablieren. Zusätzlich bildet es die Ziele des NCEAP ab,

kreislauforientierte Produktionsprozesse zu etablieren. Zum anderen bilden die normativen Rahmenbedingungen auf allen Ebenen bzgl. Chemikalien die Grundlage für dieses Kriterium, z.B. die POP-Konvention und REACH, aber auch SDG 12.4 und die CE-Pakete der EU, welche einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien fordern.

Wenn dieses Kriterium erfüllt ist, kann die Schlüsselaktivität des Geschäftsmodells als kreislauffähig betrachtet werden.

Für dieses Kriterium gilt es fünf Merkmale zu untersuchen: Anforderungen an den Input, Ressourcenverbrauch, Emissionswert, Abfallerzeugung und den Einsatz von Chemikalien. Das Merkmal Anforderungen an den Input untersucht die Anforderungen des Geschäftsmodells bzgl. Quantität und Spezifikation/Qualität an den Abfall, der als Input benötigt wird, damit die Schlüsselaktivität arbeiten kann. Dabei gilt dieses Merkmal als erfüllt, wenn ein Geschäftsmodell eine geringe Menge an Input benötigt bei gleichzeitig großer Flexibilität bzgl. der Spezifikation und Qualität des Inputstroms. Das Merkmal ist dementsprechend nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen hohen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig geringer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. Das Merkmal ist auch nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen geringen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig geringer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen hohen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig großer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. Das Merkmal Ressourcenverbrauch prüft, ob der Prozess der Schlüsselaktivität weniger Ressourcen zur Verarbeitung des Abfallinputs in neue Produkte benötigt, als anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. Das Merkmal ist erfüllt, wenn dieser Ressourcenverbrauch geringer ist und nicht erfüllt, wenn der Ressourcenverbrauch höher ist. Das Merkmal Emissionswert untersucht die Emissionen, die die Schlüsselaktivität des Geschäftsmodells ausstößt. Es ist erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen emissionsärmeren Prozess, im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output, darstellt. Wenn die Schlüsselaktivität keinen emissionsärmeren Prozess darstellt, gilt das Merkmal als nicht erfüllt. Das Merkmal Abfallerzeugung überprüft, wie viel Abfall bei der Verarbeitung des Abfallinputs in neue Produkte entsteht. Es ist erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität weniger Abfall erzeugt im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität gleich viel oder mehr Abfall erzeugt im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. Das letzte Kriterium untersucht den Einsatz von Chemikalien im Rahmen der Schlüsselaktivität. Das Merkmal ist erfüllt, wenn in dem Prozess der Schlüsselaktivität keine unter Beschränkung stehenden Chemikalien zum Einsatz kommen. Demgegenüber ist das Merkmal nicht erfüllt, wenn in dem Prozess der Schlüsselaktivität unter Beschränkung stehenden Chemikalien zum Einsatz kommen. Dieses Merkmal stellt ein „Muss"-Merkmal dar.

### Kriterium 3b: Schlüsselaktivität (wenn diese eine Dienstleistung ist)

Grundlage für dieses Kriterium bilden der 10YFP, SDG 12.1 und das NCEAP.

Dieses Kriterium betrifft nur die Geschäftsmodelle, welche eine Dienstleistung als Schlüsselaktivität haben. Wenn dieses Kriterium erfüllt ist, kann die Schlüsselaktivität als kreislauf-unterstützend angesehen werden.

Dieses Kriterium wird anhand von drei Merkmalen untersucht: Verhalten der Akteure, Wissensbereitstellung für die Akteure und Austausch zwischen den Akteuren. Für alle Kriterien ist keine mittlere Ausprägung vorhanden. Das Merkmal Verhalten der Akteure untersucht, ob das Geschäftsmodell seine Kunden unterstützt, solche Produkte herzustellen oder zu wählen, die eine geringere Ökobilanz, als andere gleichwertige Produkte haben. Liefert das Geschäftsmodell diese Unterstützung ist das Merkmal erfüllt. Ansonsten gilt das Merkmal als nicht erfüllt. Es stellt ein „Muss"-Kriterium dar. Das zweite Merkmal die Wissensbereitstellung für die Akteure beleuchtet, ob das Geschäftsmodell seinen Kunden Wissen bereitstellt, welches sie befähigt ihre eigenen Schlüsselaktivitäten kreislauffähig zu gestalten. Stellt das Geschäftsmodell den Kunden dieses Wissen zur Verfügung ist das Merkmal erfüllt, stellt es kein Wissen zur Verfügung ist das Merkmal nicht erfüllt. Das letzte Merkmal des Kriteriums Austausch zwischen den Akteuren ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell den Dialog zwischen den Akteuren ermöglicht und unterstützt. Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn es den Austausch nicht ermöglicht.

### Kriterium 4: Produkt (wenn die Schlüsselaktivität des Geschäftsmodells im Bereich Verarbeitung liegt)

Dieses Kriterium beruht auf den Zielen des 10YFP. Zusätzlich bildet es das Ziel des NCEAP ab, den ökologischen Fußabdruck von Produkten zu verringern. Außerdem stellen die normativen Rahmenbedingungen auf allen Ebenen bzgl. Chemikalien die Basis für dieses Kriterium dar, z.B. POP-Konvention, REACH, SDG 12.4 und die CE-Pakete der EU.

Dabei untersucht dieses Kriterium das Produkt, welches aus der Schlüsselaktivität entsteht. Wenn dieses Kriterium erfüllt ist, kann das Produkt des Geschäftsmodells als kreislaufunterstützendes Produkt angesehen werden.

Das Kriterium besteht aus vier Merkmalen: der Ökobilanz, dem Einsatz von Chemikalien im Produkt, die Qualität des Produktes und den Preis des Produktes. Das Merkmal Ökobilanz stellt ein „Muss"-Merkmal dar. Es ist erfüllt, wenn die Ökobilanz der Produkte des Geschäftsmodells geringer ist, als die von gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien hergestellt werden. Ist dies nicht der Fall, ist das Merkmal nicht erfüllt. Dieses Merkmal kann nicht unter Einschränkung erfüllt sein. Das zweite Merkmal Einsatz von Chemikalien stellt auch ein „Muss"-Merkmal dar. Es ist erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells keine unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC einge-

stufte Stoffe enthalten. Im Gegensatz dazu ist es nicht erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten, die durch die Schlüsselaktivität Teil der Produkte wurden. Das Merkmal kann auch unter Einschränkungen erfüllt sein, wenn die Produkte des Geschäftsmodells unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten. Jedoch nur, wenn diese nicht im Rahmen der Schlüsselaktivität Teil der Produkte wurden. Das Merkmal Qualität untersucht die Qualität der Produkte des Geschäftsmodells. Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Qualität der Produkte gleich oder höher ist, im Vergleich zu gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. Demgegenüber ist das Merkmal nicht erfüllt, wenn die Qualität der Produkte niedriger ist, im Vergleich zu gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. Eine mittlere Ausprägung entfällt für dieses Merkmal. Das letzte Merkmal Preis vergleicht den Preis der Produkte mit dem von gleichwertigen Produkten aus Primärmaterialien. Das Merkmal ist erfüllt, wenn dieser geringer oder gleich ist und nicht erfüllt, wenn dieser höher ist. Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn der Preis des Produktes in einigen Fällen gleich oder niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten aus Primärmaterialien. In vielen Fällen gibt es jedoch gleichartige Produkte, welche günstiger sind.

Tabelle 1: Übersicht Kriterien und ihre Merkmalsausprägungen

| 1<br>Merkmal ist erfüllt | 2<br>Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt | 3<br>Merkmal ist nicht erfüllt |
|---|---|---|
| **Kriterium 1: Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf** | | |
| Merkmal: Abfallzuordnung zur Abfallhierarchie (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell dazu beiträgt, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken. | Das Merkmal ist unter Einschränkung erfüllt, wenn das Geschäftsmodell dazu beitragen kann, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken. Dieser Beitrag ist jedoch abhängig von anderen Faktoren. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell nicht dazu beiträgt, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken, sondern gleichbleiben oder erhöhen. |
| Merkmal: Sekundärrohstoffe (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen Beitrag leistet, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen Beitrag leisten kann, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. Dieser Beitrag ist jedoch abhängig von anderen Faktoren. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell keinen Beitrag leistet, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt, sondern der Anteil sinkt oder gleichbleibt. |

| **Kriterium 2: Transparenz zwischen den Akteuren** | | |
|---|---|---|
| Merkmal: Informationsfluss | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufes weitergegeben werden. | Das Merkmal ist unter Einschränken erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen manchen Akteuren punktuell weitergegeben werden. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, sofern das Geschäftsmodell keine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren weitergegeben werden. |
| **Kriterium 3a: Schlüsselaktivität (nur für Verarbeitung)** | | |
| Merkmal: Anforderungen an den Input | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen geringen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig großer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen hohen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig großer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen hohen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig geringer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. Das Merkmal ist auch nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen geringen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig geringer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. |
| Merkmal: Ressourcenverbrauch | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen ressourcenärmeren Prozess oder einen Prozess mit gleichem Ressourcenverbrauch, im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output, darstellt. | | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen Prozess beinhaltet, der einen höheren Ressourcenverbrauch hat im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. |
| Merkmal: Emissionswert | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen emissionsärmeren Prozess oder einen Prozess mit gleichem Emissionsausstoß, im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output, darstellt. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen Prozess beinhaltet, der höhere Emissionen ausstößt im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. |
| Merkmal: Abfallerzeugung | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität weniger Abfall erzeugt im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität mehr Abfall erzeugt im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. |
| Merkmal: Einsatz Chemikalien (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn in dem Prozess der Schlüsselaktivität keine unter Beschränkung stehenden Chemikalien zum Einsatz kommen. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn in dem Prozess der Schlüsselaktivität unter Beschränkung stehende Chemikalien zum Einsatz kommen. |

| | | |
|---|---|---|
| Merkmal: Ökologischer Verbrauch | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell seine Kunden unterstützt, Produkte zu wählen oder herzustellen, welche eine geringere Ökobilanz, als andere gleichwertige Produkte haben. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell seine Kunden nicht unterstützt, Produkte zu wählen oder herzustellen, welche eine geringere Ökobilanz als andere gleichwertige Produkte haben. |
| Merkmal: Wissensbereitstellung für die Akteure | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell seinen Kunden Wissen bereitstellt, welche sie befähigen ihre Schlüsselaktivitäten kreislauffähig zu gestalten. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell seinen Kunden Wissen bereitstellt, welche sie befähigen ihre Schlüsselaktivitäten kreislauffähig zu gestalten. |
| Merkmal: Austausch zwischen den Akteuren | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn es den Dialog zwischen den Akteuren ermöglicht oder unterstützt. | | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn es den Dialog zwischen den Akteuren nicht ermöglicht oder unterstützt. |
| **Kriterium 4: Produkt (nur für neue Produkte aus Verarbeitungsprozessen)** | | |
| Merkmal: Ökobilanz (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Ökobilanz der Produkte des Geschäftsmodells geringer ist, als die von gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien hergestellt werden. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Ökobilanz der Produkte höher ist, als die von gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien hergestellt werden. |
| Merkmal: Einsatz Chemikalien (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells keine unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten. | Das Merkmal ist unter Einschränkung erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten. Jedoch nur, wenn diese nicht im Rahmen der Schlüsselaktivität Teil der Produkte wurden. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten, die durch die Schlüsselaktivität Tel der Produkte wurden. |
| Merkmal: Qualität | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Qualität der Produkte gleich oder höher ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Qualität der Produkte niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. |
| Merkmal: Preis | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn der Preis der Produkte gleich oder niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn der Preis des Produktes in einigen Fällen gleich oder niedriger ist als gleichartige Produkte aus Primärmaterialien. In vielen Fällen gibt es jedoch gleichartige Produkte aus Primärmaterialien, welche günstiger sind. | Das Merkmal ist erfüllt, wenn der Preis der Produkte höher ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. |

# 3
# Textil- und abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen im Status Quo

Dieses Kapitel beantwortet die Frage, wie sich die aktuelle Situation in der Textil- und Abfallwirtschaft darstellt und welches Delta sich aus dieser Situation und den vorgegebenen normativen Anforderungen ergibt. Dazu beschreibt Abschnitt 3.1 die Abfallkette von Textilien und stellt dort den aktuellen Stand der Technik und Arbeitsweise dar. Dabei bezieht sich diese Arbeit auf die Situation in Deutschland. Abschnitt 3.2 untersucht die Akteure, die in der Abfallkette tätig sind. Im Anschluss beschreibt Abschnitt 3.3 die Rohstoffe, die in der Abfallkette zum Einsatz kommen. Aufbauend auf der Analyse beleuchtet Abschnitt 3.4 die Anreiz- und Hemmnis-Situation der Akteure. Zum Abschluss formuliert Abschnitt 3.5 das Delta, welches sich aus der Ist-Analyse der textil- und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen und dem, durch die normativen Anforderungen aufgespanntem Soll, ergibt.

## 3.1
## Die Abfallkette

Der Lebensweg von Textilien ist heutzutage noch weitgehend linear. Wenn sich der Nutzer seiner Textilien entledigt, landen weltweit 87 Prozent davon auf der Deponie oder in Verbrennungsanlagen. Nur 1 Prozent der Alttextilien werden in einem geschlossenen Kreislauf (closed-loop) geführt und 12 Prozent finden sich als recycelte, minderwertige Materialien im Kreislauf wieder (Eurochambres 2019, S. 32). Dieser Abschnitt untersucht den für die Abfallwirtschaft interessanten Teil des textilen Lebensweges, im Folgenden (textile) Abfallkette genannt.

Abbildung 2 zeigt diese textile Abfallkette, beginnend bei der Produktion, schematisch. Die vorgelagerten Stufen der textilen Wertschöpfungskette sind nicht miteinbezogen, da diese für eine Beschreibung der textilen Abfallkette nicht nötig sind. Die Kette endet, wenn die Rohstoffe aus dem Textilkreislauf ausscheiden.

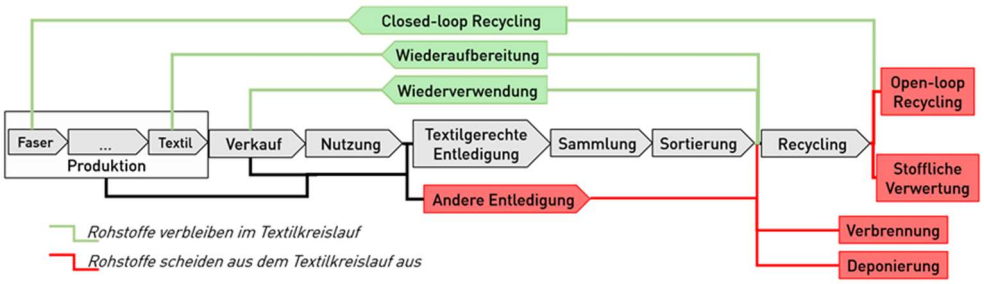



Abbildung 2: Die Abfallkette

Eigene Abbildung

Bei der **Produktion** werden aus textilen Fasern, welche aus unterschiedlichen Rohstoffen bestehen können, in mehreren Stufen Textilien hergestellt werden. Abbildung 2 vereinfacht dabei die Abläufe der Produktion stark, da eine genaue Betrachtung des Ablaufs der Produktion für den weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht von Relevanz ist. Von Bedeutung ist jedoch, dass die Produktion eines Textils aus unterschiedlichen Stufen besteht, welche von verschiedenen Akteuren in mehreren Ländern vorgenommen werden. Dabei befindet sich die geographische Verteilung dieser Stufen in einem stetigen Wandel. Dadurch entsteht eine globale und komplexe Wertschöpfungskette, welche häufig nur schwer nachzuvollziehen ist (Stamm et al. 2019, S. 10). Die Bekleidungsproduktion hat sich in den Jahren von 2000 bis 2014 verdoppelt. Grund sind sinkende Kosten, optimierte Abläufe und steigende Verbraucherausgaben. Zusätzlich ermöglichen kürzere Vorlaufzeiten den Bekleidungsherstellern häufiger neue Modelinien einzuführen (Remy et al. 2016, S. 2–3). Auch bei der Produktion von Kleidung entsteht Abfall. So bleiben z.B. beim Zuschnitt der Muster für Bekleidungsstücke bis zu 15 Prozent des Stoffes ungenutzt übrig (Environmental Audit Committee 2019, S. 47; Aistrich und Vilenius 2015, S. 29). Außerdem spielt die Produktion eine Rolle in der Abfallkette, da sie die Produkte der Recycling- und Wiederaufbereitungsprozesse als Inputmaterial nutzen kann.

Die Preise für Kleidung sind im Vergleich zu den Preisen anderer Konsumgüter in den letzten Jahren verhältnismäßig gesunken. Die Konsumenten reagieren darauf, indem sie mehr Kleidungsstücke kaufen. So ist die Zahl der Kleidungsstücke, die ein Konsument erwirbt, zwischen den Jahren 2000 und 2014 um 60 Prozent gestiegen (Remy et al. 2016, S. 2–3). Zeitgleich ist die Dauer, die Nutzer Textilien verwenden seit den frühen 2000er-Jahren um ungefähr ein Drittel gesunken (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 18; Bartl 2019, S. 330). Dabei können auch beim **Verkauf** Textilabfälle anfallen. Zu diesen Pre-Consumer-Textilabfällen zählen z.B. zurückgegebenen Kleidungsstücke oder nicht verkaufte Lagertextilien (Fontell und Heikkilä 2017, S. 29; Aistrich und Vilenius 2015, S. 29). So sollen allein Luxus-Markenhändler jährlich unverkaufte Waren im Wert von über 600 Millionen US-Dollar verbrennen (Napier und Sanguineti 2018, S. 159).

Mit der **Entledigung** des Textils durch den Besitzer endet dessen **Nutzung**. Der Weg des Textils als Abfall (in diesem Fall Post-Consumer-Textilabfall) beginnt (Aistrich und Vilenius 2015, S. 29). In Deutschland sind viele Bürger der Meinung, dass nur gut erhaltene Alttextilien getrennt gesammelt werden (Lottner 2012, S. 12).

Um aber eine Wiederverwendung oder ein Recycling von Alttextilien und Textilabfällen zu ermöglichen, muss eine von anderen Abfallarten getrennte **Sammlung** stattfinden. Ohne getrennte Sammlung können die Textilien Feuchtigkeit oder Schmutz aufnehmen. Dies behindert die weiteren Wiederverwendungs- und Recyclingprozesse (Bartl 2019, S. 329). Der Anteil der Alttextilien, welcher

getrennt gesammelt und erfasst wird, variiert von Land zu Land stark. So beträgt die Sammlungsrate von Textilien in Deutschland im Jahr 2013, gemessen am Verhältnis der gesammelten Masse zu der auf den Markt gebrachten Masse, 74 Prozent. In den USA hingegen liegt dieser Wert im selben Jahr nur bei 15 Prozent (Bartl 2019, S. 330). Die Möglichkeiten der Textilsammlung sind vielfältig. Abbildung 3 zeigt die verschiedenen Sammlungsarten und stellt diesen die prozentuale Nutzung in Deutschland im Jahr 2013 gegenüber.

| Sammlungsart | Beschreibung |
|---|---|
| Containersammlung | Nutzer bringen die Alttextilien zu lokalen Sammelcontainern |
| Straßensammlung | Separate Sammlung von Alttextilien entweder in Säcken oder Tonnen parallel zum anderen Hausmüll |
| Abholung zu Hause | Bestellter Kurier holt Alttextilien ab |
| Postrücksendung | Nutzer schicken ihre Alttextilien per Post zurück zu den Händlern oder zu Sammlern |
| Abgabe beim Händler | Nutzer bringen Alttextilien zurück zum Händler |
| Abgabe bei einer Wohltätigkeitsorganisation | Nutzer bringen die Alttextilien in den Laden einer wohltätigen Organisation |

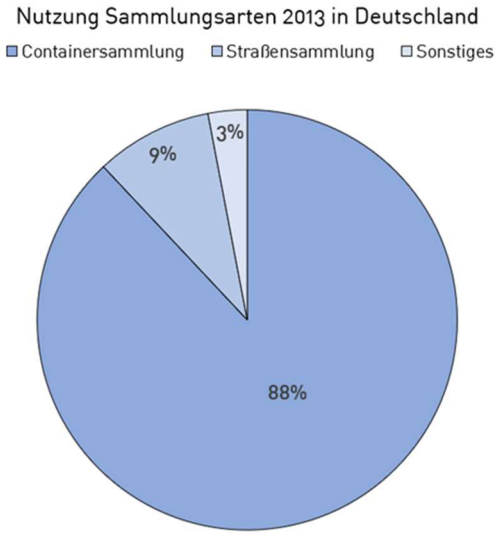



Abbildung 3: Sammlungsarten und ihre Nutzung in Deutschland im Jahr 2013

Eigene Darstellung nach (Korolkow 2015, S. 16; Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 104)

Die am häufigsten genutzte Sammlungsart in Deutschland ist das Aufstellen von Containern, in denen die Nutzer ihre alten Textilien einwerfen können. Diese Sammelart wird bei 88 Prozent der gesammelten Textilien verwendet. Eine weitere Art der Sammlung ist die Straßensammlung. Diese spielt mit 9 Prozent Nutzung gegenüber der Containersammlung lediglich eine untergeordnete Rolle. Bei der Straßensammlung werden die Alttextilien separat zum anderen Hausmüll gesammelt. Dies kann entweder in Säcken oder Tonnen geschehen. Die anderen Sammlungsarten spielen, mit 3 Prozent Nutzung, nur eine geringe Rolle in Deutschland. Zu ihnen gehören: die Abholung zu Hause, die Postrücksendung und die Abgabe beim Händler oder bei einer Wohltätigkeitsorganisation.

Im Gegensatz zu den Alttextilien von professionellen Nutzern, sind gesammelte Textilien von Haushalten heterogen und ihre Qualität variiert stark. Dies erschwert die Finanzierung der Sammlungen (Boiten et al. 2017b, S. 14; Heikkilä et al. 2019, S. 41). Im Gegensatz zu Verpackungsabfällen wird die Sammlung von Textilien bislang nicht durch die ERP finanziert. Ein ERP-System bedeutet,

dass die Hersteller, auch nach der Verwendung ihres Produktes durch den Verbraucher die Verwaltung des Produktes und die damit einhergehenden Kosten mit einbeziehen müssen. Tatsächlich sind die Sammelquoten für Textilien nicht so hoch, wie die für Verpackungsabfälle.(Bartl 2019, S. 329).

Durch die heterogene Beschaffenheit der Alttextilien ist eine Sortierung des Abfalls unerlässlich. Nur so können die Alttextilien einer weiteren Nutzung zugeführt werden. Die Sortierung der Textilien in verschiedene Fraktionen ist ein sehr aufwendiger, meist mehrstufiger Prozess. Dieser wird zum heutigen Zeitpunkt ausschließlich händisch durch Personal durchgeführt (Kietz et al. 2018, S. 17–18). Der Großteil der Sortierbetriebe arbeitet in Deutschland (66 Prozent). Insgesamt werden 93 Prozent der Textilien in der EU sortiert. Mit 7 Prozent ist der Mengenanteil, der auf Sortieranlagen im außereuropäischen Ausland sortiert wird, vergleichsweise gering (Korolkow 2015, S. 18).

Abbildung 4 zeigt den Ablauf der Textilsortierung mit den Fraktionen, denen die Textilien zugeordnet werden können. Zusätzlich ordnet die Abbildung den prozentualen Mengenanteil der Textilien zu den einzelnen Sortierfraktionen im Jahr 2013 zu.

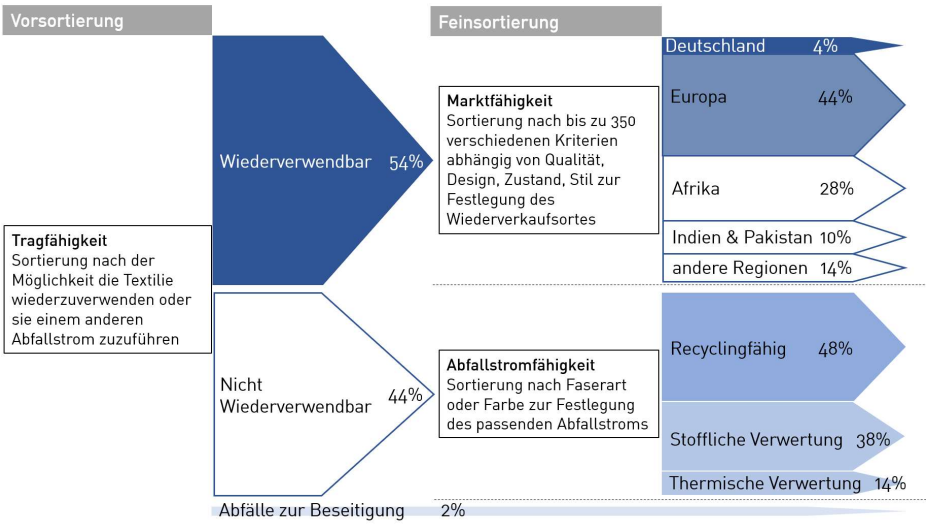



Abbildung 4: Ablauf Textilsortierung

Eigene Darstellung nach (Korolkow 2015, S. 20–24

Die Sortierung ist häufig in zwei Schritte eingeteilt. In der ersten Station, der Vorsortierung, müssen die Sortierer entscheiden, ob sich die Textilien zur Wiederverwendung eignen. Dies geschieht durch eine Sicht- und Tastprüfung. 54 Prozent der sortierten Textilien eignen sich 2013 sich zur Wiederverwendung, da diese unbeschädigt und tragfähig sind. Im Gegenteil dazu sind 44 Prozent nicht wiederverwendbar und müssen einer anderen Nutzung zugeführt werden. 2 Prozent der Abfälle sind Fremdstoffe, die der Sortierer auf seine Kosten als Abfälle zur Beseitigung behandelt (Korolkow 2015, S. 23).

Der zweite Schritt, die Feinsortierung, findet nun für die zwei Fraktionen getrennt statt. Dabei unterteilen die Sortierer die Textilien als Vorbereitung zur Wiederverwendung nach ihrer Marktfähigkeit in bis zu 350 verschiedene Fraktionen. Diese sind z.B. abhängig von der Qualität, dem Zustand und dem Stil der Textilien (Kietz et al. 2018, S. 18). Den Großteil der Einnahmen erhalten die Sortierer durch den Verkauf der qualitativ hochwertigsten Fraktionen. Diese sogenannte „Cream"-Fraktion kann im Land der Sammlung verbleiben. In Deutschland eignen sich 2013 lediglich 4 Prozent der wiederverwendbaren Textilien für die „Cream"-Fraktion. 44 Prozent der Textilien verbleiben in der EU. Über die Hälfte der Textilien zur Wiederverwendung verlässt die EU (52 Prozent), wobei der Großteil der Textilien nach Afrika (28 Prozent) und Indien und Pakistan (14 Prozent) exportiert wird (Korolkow 2015, S. 24). Nach den USA ist Deutschland der zweitgrößte Exporteur von Altkleidern weltweit (GIZ 2019, S. 13). Klar ist, dass alle Textilien früher oder später erneut den Abfallzustand erreichen. Dabei haben viele Länder, insbesondere in Asien und Afrika, keine Infrastruktur für die Sammlung und Behandlung von Abfällen. Dies führt dazu, dass zwar kurzfristig der Verbleib der Textilrohstoffe im Kreislauf gesichert ist. Auf längere Sicht landen die Textilien jedoch auf (illegalen) Deponien oder in Verbrennungsanalagen, sodass die Rohstoffe für den Kreislauf letztlich verloren gehen (Bartl 2019, S. 331; Watson 2016, S. 121).

Bei der Feinsortierung der „Nicht wiederverwendbar"-Faktion erfolgt die Sortierung nach Material. Beispielsweise schauen die Sortierer, ob das Textil aus einer Faserart (reine Baumwolle, reine Wolle usw.), einer Mehrheitsfaser (baumwollreich, wollreich usw.) oder aus einer Fasermischung besteht. Außerdem können die Sortierer ermitteln, ob die Textilien aus nur einem Gewebe bestehen (Monomaterial) oder sich aus mehreren Gewebearten zusammensetzen (Multimaterialien). Zusätzlich können sie die Textilien auch noch nach Farben trennen. Diese Sortierung dient der Festlegung des richtigen Abfallstroms und gewährleistet die Eignung für die verschiedenen Behandlungsverfahren. Um solch eine genaue Identifizierung der Faserarten vorzunehmen, müssen die Materialien des Textils bekannt sein (Wedin et al. 2017, S. 2). Die Identifikation der Faserarten erfolgt bisweilen zumeist händisch über das Etikett (Heikkilä et al. 2019, S. 35).

Wie in Abbildung 4 zu sehen, stufen die Sortierer 2013 48 Prozent der nicht mehr verwendbaren Textilien als recyclebar und 38 Prozent als für die stoffliche Verwertung geeignet ein. 14 Prozent gelten als Abfälle zur Verwertung und werden der thermischen Verwertung zugeführt.

Die hohe Anzahl an Textilien, die dem Recycling zugeführt wird, sollte jedoch kritisch betrachtet werden. Hierzu lohnt es sich, den Vorgang zur Erhebung der Daten und den Recyclingprozess genauer anzusehen. Um die Recyclingquote zu messen geben die EU-Mitgliedsstaaten Recyclingraten an. Diese sind in der Regel die im Behandlungsprozess eingesetzte oder gesammelte Menge. Diese

Menge entspricht jedoch nicht der Materialmenge, die letztendlich als Recyclingprodukt in die Wirtschaft zurückgeführt wird. Nicht das gesamte zur Verarbeitung eingesandte Material wird verwertet. Hierdurch entsteht eine Verzerrung in den angegebenen Recyclingquoten (Lee et al. 2017, S. 61).

Beim Recycling kann zwischen open-loop Recycling und closed-loop Recycling unterschieden werden. Beim open-loop Recycling verbleiben die Rohstoffe der Textilien nicht im Textilkreislauf, wohingegen beim closed-loop Recycling die Rohstoffe im textilen Kreislauf verbleiben.

Das closed-loop Recycling ist in der Praxis bisher kaum anzutreffen (Kietz et al. 2018, S. 19). Dies liegt zum einen an den noch nicht vollständig ausgereiften Recyclingtechnologien (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 91). Zum anderen erfordern die Recyclingverfahren, dass die Materialien der genutzten Alttextilien bekannt sind und einen gewissen Grad an Reinheit erfüllen. Dies kann u.a. aufgrund von Etikettenfehlern und menschlichem Versagen beim Sortieren, bisher noch nicht gewährleistet werden (Fontell und Heikkilä 2017, S. 36–37; Wedin et al. 2017, S. 2).

Abbildung 5 zeigt die unterschiedlichen Verfahren des closed-loop Recyclings.

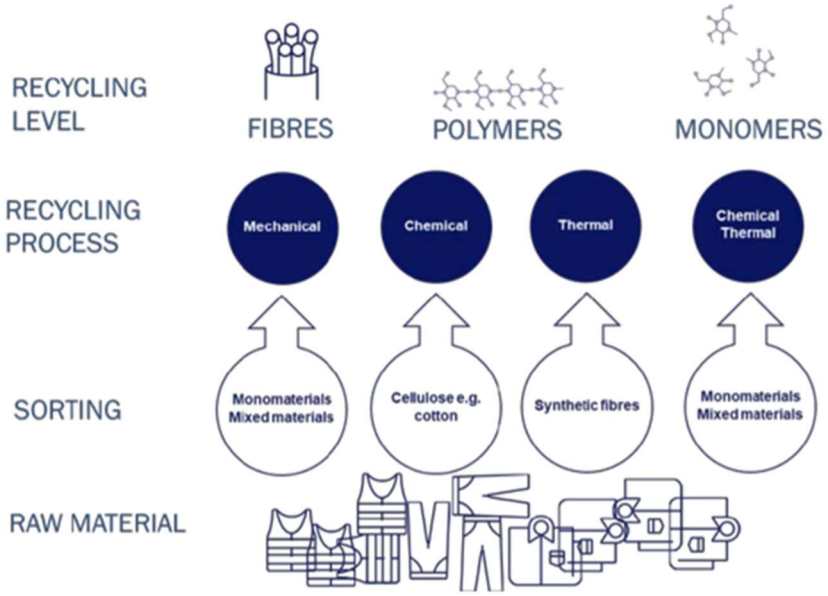



Abbildung 5: Arten des closed-loop Recyclings

(Heikkilä et al. 2019, S. 34)

Fast alle Textilabfallfraktionen müssen für das Recycling vorbehandelt werden. Normalerweise ist der erste Vorverarbeitungsschritt das Schneiden der Produkte in Stoffstücke. Auch die Entfernung der harten Teile (z.B. Reißverschlüsse, Knöpfe, usw.) muss meist entweder vor oder nach dem Schneiden der Materialien erfolgen (Heikkilä et al. 2019, S. 18). Danach können die Textilien in verschiedenen Verfahren weiterverarbeitet werden. Bei den Verfahren kann nach

der Art des Recyclingprozesses (mechanisch, chemisch oder thermisch) oder nach der Stoffebene, auf dem die Prozesse stattfinden (Faser-, Polymer- oder monomer Ebene), unterschieden werden. Beim Recycling auf Faserebene bleibt die Faser des Textils erhalten, lediglich ihre Länge verändert sich. Das Polymer-Recycling führt die Fasern auf die Polymerebene zurück. Das bedeutet, es zerstört zwar die Fasern, erhält jedoch die chemische Struktur des Materials. Das Monomer-Recycling spaltet die Polymere in einzelne Monomere oder andere Bestandteile auf, diese dienen dann als Ausgangsmaterial zur Herstellung von gänzlich neuen Polymeren (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 96). Alle Textilfasern bestehen aus Polymeren. Dies sind langkettige Moleküle, die sich aus wiederholenden kleineren Einheiten, den Monomeren, zusammensetzten. Im Falle von Baumwolle und anderen natürlichen Pflanzenfasern ist dieses Polymer Zellulose. Dieses ist das gleiche natürliche Polymer, welches man auch im Holz findet. Synthetische Polymere werden aus monomer Molekülen, welche aus Erdöl gewonnen werden, hergestellt. Dies geschieht in dem ein Polymerisationsprozess sie zu Polymerketten kombiniert (Fontell und Heikkilä 2017, S. 38). Die verschiedenen Recyclingverfahren sind für die verschiedenen Materialien unterschiedlich anwendbar und kombinierbar. Das gewählte Recyclingverfahren wirkt sich auf die Qualität und die Eigenschaften des recycelten Materials aus (Heikkilä et al. 2019, S. 34–35).

Beim mechanischen Recycling öffnen Maschinen die Fasern der Textilien. Diese kann der Produzent dann wieder zur Herstellung von neuen Textilien verwenden (Heikkilä et al. 2019, S. 33–34). Hierfür muss der Recycler die Alttextilien nach der Sortierung und der Vorzerkleinerung schreddern (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 46). Im Anschluss daran, setzt er das geschredderte Material wieder zu Fasern zusammen. Dieser Prozess ist sowohl für natürliche Materialien als auch für synthetische Materialien anwendbar. Das Verfahren findet bereits weltweit Anwendung, wenn auch nicht in großem Maßstab (Fontell und Heikkilä 2017, S. 37–38). Der Prozess ist jedoch für die Fasern schädlich. So reduziert er die Faserlänge drastisch. Die Verteilung der Faserlängen ist dabei breit gefächert und die zurückgewonnenen Fasern sind in der Regel eine Mischung aus verschiedenen Fasertypen. Zusätzlich enthält das recycelte Material einen erheblichen Anteil an Staub und Garnresten (Bartl 2019, S. 332). Dieser Qualitätsverlust macht es notwendig, zur Herstellung von neuen Garnen höherwertige Fasern (aktuell z.B. frische Baumwolle, oder aus PET-Flaschen recycelte Polyester) als Ergänzung zu verwenden (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 46). Wie oft ein Stoff tatsächlich wiederverwendet werden kann ist unterschiedlich. Die Abnahme der Faserlänge ist dabei der begrenzende Faktor bei der Weiterverarbeitung. Für Naturfasern ist dies jedoch der einzig mögliche Prozess, wenn das Material nicht verändert werden soll, z.B. Baumwolle bleibt Baumwolle (Heikkilä et al. 2019, S. 34–35).

Das thermische Recycling ist ein Verfahren, welches nur für das Recycling von Kunststofffasern Anwendung findet. Natürliche Materialien eignen sich, aufgrund ihrer nicht schmelzfähigen Eigenschaften nicht. Beim thermischen Recycling schmilzt der Recycler die thermoplastischen Synthetikfasern, z.B. Polyester und Polyamid ein und verarbeitet sie mithilfe von verschiedenen Verfahren wie Formpressen, Extrusion oder Gießen weiter. Durch normale Spinnverfahren, können aus den zuvor gewonnen Produkten neue Textilfasern hergestellt werden. Genau wie beim mechanischen Recycling, kann auch das thermische Recycling bedenkliche Stoffe nicht aus den Materialien herausfiltern. Ein zusätzliches Problem des thermischen Recyclings ist, dass es die Eigenschaften des Polymers beeinträchtigen und die Qualität verringern kann. Aus diesem Grund ist die Anzahl der Verwertungszyklen für die synthetischen Fasern auf aktuell circa 6-8 Zyklen begrenzt (Heikkilä et al. 2019, S. 34–35; Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 96).

Das chemische Recycling findet bei natürlichen Fasern auf Polymer-, bei synthetischen Fasern auf Monomer-Ebene Anwendung. Natürliche Fasern werden mithilfe von Chemikalien aufgelöst und in synthetische Zellulosefasern umgewandelt. Die Qualität der so hergestellten Faser gleicht der von Fasern aus Frischprodukten. Die Polymerlänge ist sogar länger als die von Holzzellstoff. Dies spricht dafür, dass Baumwollmaterialien theoretisch unzählige Male recycelt werden können (Fontell und Heikkilä 2017, S. 38–40; Heikkilä et al. 2019, S. 35). Bei Synthetikfasern werden die synthetischen Polymere mithilfe von Chemikalien aufgelöst und in einzelne Monomere oder andere Bestandteile aufgespalten. Diese dienen dann als Ausgangsmaterial zur Herstellung von neuen synthetischen Polymeren, welche die gleiche Qualität wie Neuware haben (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 96). Ein Vorteil des chemischen Recyclings ist, dass es Farbstoffe, Nicht-Zielfasern in kleinen Mengen und andere Verunreinigungen während des Prozesses entfernen kann (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 96). Nachteilig ist, dass dieses Verfahren teurer ist als das thermische oder mechanische Recycling. Zusätzlich ist noch nicht gesichert, ob sich die Recyclingzyklen tatsächlich beliebig oft wiederholen lassen. Problematisch sind außerdem Mischmaterialien, welche zurzeit im industriellen Maßstab noch nicht mit dem chemischen Recycling behandelt werden können. (Heikkilä et al. 2019, S. 34–35).

Im Gegenteil zum closed-loop Recycling verarbeitet das open-loop Recycling die Textilien so, dass die Materialien nicht mehr ihrem ursprünglichen Zweck dienen können. Durch den Prozess, den die Textilien hierbei durchlaufen, ändern sie ihre Größe, nicht aber ihre Zusammensetzung. In der Praxis findet dieses Verfahren häufig Anwendung bei der Herstellung von Textillappen. Diese nutzt die Industrie als Putztextilien. In Deutschland können fast alle Textilien, die der Sortierer als recyclebar einstuft, dem open-loop Recycling zugeordnet werden. Da sich die ursprünglichen Artikel hier in minderwertige Produkte verwandeln, kann man hier auch von „Downcycling“ sprechen (Korolkow 2015, S. 22).

Auch bei der **stofflichen Verwertung** gehen die Rohstoffe aus dem textilen Kreislauf verloren. Hier verarbeiten Recycler die Alttextilien zu Dämmmaterial, als Füllmaterial, z.B. in Matratzen oder als Faserstoffe, z.B. für Autoauskleidungen. Hierzu löst der Recycler die Alttextilien in einzelne Fasern auf (Korolkow 2015, S. 23; Bartlett et al. 2013, S. 42–43). Sowohl das open-Loop-Recycling als auch die stoffliche Verwertung eignen sich nicht, um Produkte im Sinne der CE im Kreislauf zu behandeln.

Wenn sich textile Abfälle weder für das Recycling noch für die stoffliche Verwertung eignen, bleibt für sie zurzeit nur noch die Entsorgung auf der Deponie und die Verbrennung (ggf. als energetische Verwertung). Die **Verbrennung** kann zumindest einen gewissen Teil, des für die Herstellung der Textilien, verbrauchten Energiewertes zurückgewinnen. Jedoch ist die rückgewinnbare Energie im Vergleich zur Energie, die die Faser- und Textilproduktion benötigt, recht gering. Der Anteil der rückgewinnbaren Energie beträgt nur etwa 4 Prozent, der für die Produktion eingesetzten Energie. Da der Heizwert von Textilien aber relativ hoch ist, führen die Abfallbehandlungsunternehmen in Deutschland im Jahr 2013 14 Prozent der Textilien, welche nicht wiederverwendbar sind, der thermischen Verwertung zu. Die **Deponierung** stellt die ungünstigste Option der Abfallbehandlung dar. Trotzdem wird derzeit weltweit ein großer Teil des Abfalls und auch der Altfasern auf diese Weise entsorgt. Aufgrund der schlechten biologischen Abbaubarkeit der meisten Fasern (Synthetik) und auch wegen der hohen Energie, die in die Produktion eingeflossen ist, sollte die Deponierung von Textilien und Fasern vermieden werden, wenn es eine brauchbare Alternative gibt. In Deutschland dürfen Textilien nicht unbehandelt auf Deponien entsorgt werden. Dies ist durch die Abfallablagerungsverordnung (AbfAblV) reguliert (Bartl 2019, S. 333–334; Korolkow 2015, S. 23).

Neben der Wiederverwendung, dem Recycling, der thermischen Verwertung und der Deponierung ist auch die **Wiederaufbereitung** von Textilien möglich. Bei dieser Form entnimmt der Recycler Teile eines kompletten Stoffes und näht diese wieder zu einem neuen Kleidungstück zusammen. Hierzu benötigt er keine fortschrittlichen Technologien. Jedoch findet diese Form kaum Anwendung und wird auch in Zukunft nur begrenzte Anwendungsmöglichkeiten haben. Gründe sind der hohe Arbeitsaufwand und die besonderen Anforderungen an die Materialien, weswegen keine gleichmäßige Materialversorgung garantiert werden kann (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 96)

## 3.2
## Akteure

In der Abfallkette von Textilien (siehe Abschnitt 3.1) spielen unterschiedliche Akteure eine Rolle. Abbildung 6 zeigt diese Akteure und ordnet sie den passenden Stufen der Abfallkette zu. Die Deponierung ist in diesem Abschnitt ausgenommen, da sie in Deutschland für unbehandelte Alttextilien keine Anwendung findet.

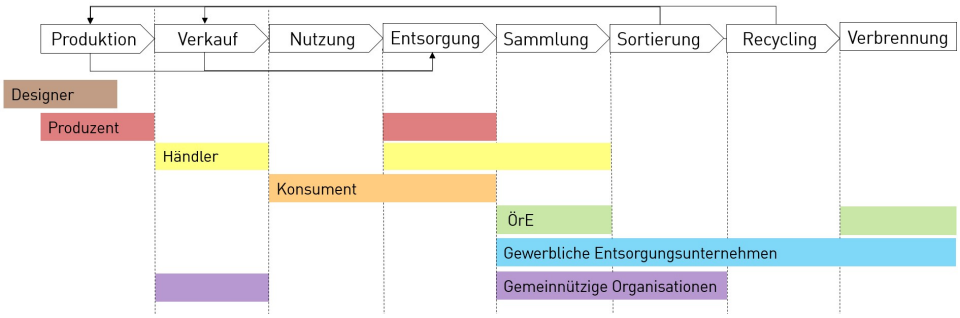



Abbildung 6: Übersicht Akteure der textilen Abfallkette

Eigene Darstellung

**Produktdesigner** selbst erzeugen zwar nicht den Abfall, sind jedoch zu einem großen Teil dafür verantwortlich, was nach der Nutzungsphase mit dem Textil passiert, da sie die Textilien für die Bekleidungsmarken entwerfen und dabei festlegen, welche Materialien zum Einsatz kommen. Schon die Entwurfsphase bestimmt ca. 80% der Umweltauswirkungen von Produkten. Dennoch wird die überwiegende Mehrheit der auf den Markt gebrachten Produkte ohne Berücksichtigung des End-of-Life- Stadiums entworfen (EuRIC 2019, S. 8). Die Designer entscheiden über die genutzten Materialien, die Form, die Qualität und die Anforderungen, die das Textil erfüllen muss. Somit hat das Design große Macht über die Möglichkeiten von Reparatur, Wiederverwendung und Recycling der alten Textilien. Zusätzlich kann der Designer durch seine Entscheidung für oder gegen den Einsatz eines Recyclingstoffs den Anteil und die Akzeptanz gegenüber Recyclingfasern erhöhen.

Die **Produzenten** sind zwar nicht direkt mit der abfallwirtschaftlichen Behandlung von Textilien befasst, haben aber indirekt einen Einfluss auf die Qualität und den Erfolg von recycelten Textilfasern. So entstehen während der Produktion eine nicht unerhebliche Menge an textilen Abfällen (siehe Abschnitt 3.1). Auch entscheidet sich hier, welche Materialien, textilen Hilfschemikalien, Farbstoffe und sonstige „Ausrüstung" im Textilprodukt zu finden sind. Der Produzent hat die Entsorgung seiner, im Herstellungsprozess anfallenden, flüssigen Rückstände und sonstigen Abfälle in der Hand und ist dafür verantwortlich, welchem Abfallstrom er diese zuführt. Außerdem kann er den Einsatz von recycelten Fasern durch deren Nutzung in seinem Produktionsprozess fördern. Dabei ist er jedoch stark abhängig von den Entscheidungen seiner Auftraggeber, den Bekleidungsmarken. Das Ergebnis einer Studie der internationalen Arbeitsagentur (ILO) aus dem Jahr 2017 zeigt, dass drei Viertel der untersuchten Produktionsbetriebe für Textilien mindesten 35% der Produktion nur für einen Auftraggeber tätigen (ILO 2017, S. 6–7). Aufgrund dieser Marktmacht können die Bekleidungsmarken und somit auch die Designer großen Druck auf die Produzenten auswirken.

Auch der **Konsument** ist nicht direkt in die abfallwirtschaftliche Behandlung eingebunden. Er kann jedoch durch die abfallgerechte Entsorgung von Textilien die richtige Abfallbewirtschaftung unterstützen. Zusätzlich kann er durch seine Kaufentscheidung den Umsatz von Recyclingtextilien erhöhen, und so zu einer größeren Nachfrage für solche Produkte beitragen.

Der **Händler** ist sowohl indirekt als auch direkt mit der abfallwirtschaftlichen Behandlung von Textilien verbunden. Indirekt, da er die Möglichkeit hat, seine textilen Abfälle dem richtigen Abfallstrom zuzuführen und wiederverwendbare Textilien und Textilien aus Recyclingmaterialien zu verkaufen. Tut er dies schafft er einen größeren Markt für solche Textilien. Direkt, weil er durch eine eigene Alttextilsammlung eine umfassende und korrekte Sammlung von Alttextilien unterstützen kann.

Bei der Abfallbehandlung von Textilien sind gewerbliche, gemeinnütze und öffentlich-rechtliche Akteure tätig. Häufig übernimmt nicht ein Akteur die komplette abfallwirtschaftliche Behandlung von Textilien allein. Stattdessen gibt es Kooperationen zwischen den unterschiedlichen Organisationsformen. Neben den offiziellen Akteuren bewegen sich etliche illegale Sammler am Markt. Laut einer Studie von Korolkow sind ca. 33 Prozent der Sammelcontainer illegal aufgestellt. (Korolkow 2015, 10-12, 17).

Die **öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger** (örE) sind vor allem die Stadt- und Landkreise. Nach Inkrafttreten des KrWG gab es eine deutliche Zunahme kommunaler Sammlungstätigkeiten auf dem Gebiet der Alttextilien. Dabei führen die örE die Sammlung selbst durch oder sie beauftragen Dritte. Nach der Sammlung veräußern die Kommunen die Alttextilien an Sortierer oder Recycler, da sie selbst nicht über eigene Sortierbetriebe verfügen. Textilien, die nur noch zur Verbrennung geeignet sind, können kommunale Müllheizkraftwerke zu Energie verwerten (Korolkow 2015, S. 11).

**Gewerbliche Entsorgungsunternehmen** sind in der kompletten abfallwirtschaftlichen Behandlung von Alttextilien tätig. Sie sammeln, sortieren, stellen Putzlappen und Recyclingprodukte her und betreiben Müllheizkraftwerke, welche Alttextilien verbrennen. Dabei gibt es unterschiedliche Größenstrukturen bei den Betrieben. Manche Unternehmungen decken die gesamte abfallwirtschaftliche Behandlung ab, andere sammeln die Alttextilien nur und verkaufen die Sammelware dann an Sortierbetriebe weiter. Diese Branche stellt heute, mit mehreren Tausend Beschäftigten, einen nicht unerheblichen Wirtschaftsfaktor in Deutschland dar. Sie beschäftigt gerade auch in der Sortierung viele ungelernte Kräfte. In der Vergangenheit haben die Unternehmen meist regional gearbeitet, doch es entwickeln sich immer mehr Akteure, welche auch überregional tätig sind (Korolkow 2015, S. 10).

**Gemeinnützige Organisationen** konzentrieren sich meist auf die reine Sammlung von Textilien und veräußern die Sammelware an Sortierbetriebe. Aus den Erlösen finanzieren die Organisationen einen Großteil ihrer gemeinnützigen

Projekte. Da die Logistik der Sammlung meist sehr arbeitsintensiv ist, führen die Organisationen diese oftmals in Kooperation mit gewerblichen Sammlern durch (Korolkow 2015, S. 11). Zusätzlich können Konsumenten ihre alten Textilien auch zum unmittelbaren Weitergebrauch an gemeinnützige Organisationen weitergeben. Die Organisationen sortieren in diesem Fall direkt bei der Annahme und nehmen nur die Textilien an, die sich zum Weiterverkauf eignen. Aus diesem Grund können diese Textilien zu keinem Zeitpunkt als Abfall betrachtet werden (Kietz et al. 2018, S. 8).

## 3.3 Rohstoffe

Um die richtigen Maßnahmen zur Behandlung von textilen Abfällen auszuwählen, ist es wichtig die unterschiedlichen Bestandteile der Produkte zu kennen. Hauptsächlich bestehen Textilien aus Textilfasern. Diese lassen sich in textilen Fertigungsverfahren verarbeiten. Textilien lassen sich in Natur- und Kunstfasern unterteilen. Abbildung 7 zeigt die Einteilung der wichtigsten Fasern und nennt zusätzlich Beispiele für die einzelnen Kategorien. Als Naturfasern bezeichnet man Gewebe, die aus Pflanzen und Tierfasern hergestellt wurden, wobei Baumwolle die wichtigste Faser innerhalb dieser Gruppe darstellt. Kunstfasern werden anhand ihrer chemischen Zusammensetzung kategorisiert. Grundlegend lassen sich hier organische und anorganische Fasern unterscheiden. Bei den organischen Fasern gibt es die Unterteilung in Polymere, die aus natürlichen Ressourcen (v.a. Zellulosefasern) gewonnen werden und synthetische Polymere, die aus Erdöl hergestellt werden (synthetische Fasern) (Bartl 2019, S. 324–325).

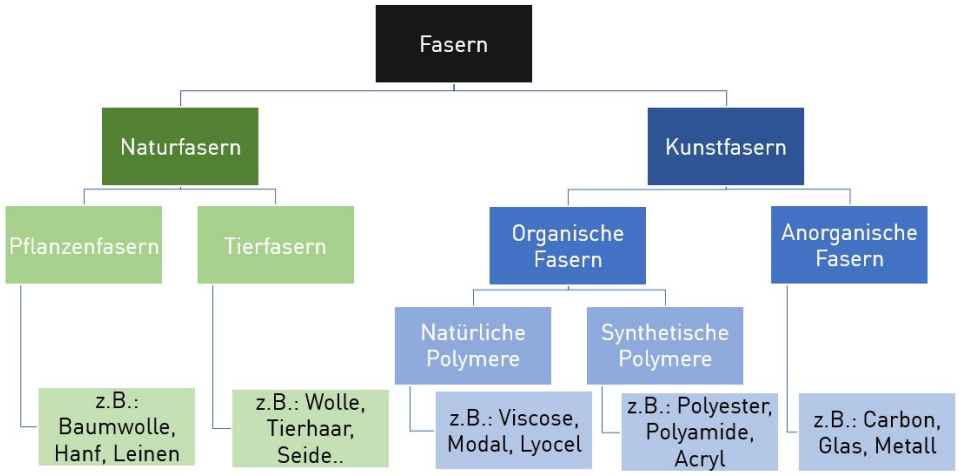



Abbildung 7: Kategorien der wichtigsten Fasern

Eigene Darstellung nach (Bartl 2019, S. 325)

Abbildung 8 zeigt, dass die weltweite Faserproduktion im Jahr 2018 105,4 Millionen Tonnen erreicht hat. Kunstfasern machen mit 70 % (73,4 Millionen Tonnen) im Vergleich zu den Naturfasern (30%; 32 Millionen Tonnen) den größten

Anteil an produzierten Fasern aus. Dabei sticht die Polyesterfaser mit einem Anteil von 63% an der Gesamtfaserproduktion als wichtigste Faser hervor. Baumwolle stellt mit einem Anteil von 25% die meist produzierte Naturfaser im Jahr 2018 dar. Andere Naturfasern sind von weniger kommerzieller Bedeutung (Statista 2019a, 2019b). In den meisten Fällen kommen die Fasern nicht als Reinmaterialien in den Textilien vor. Häufig werden sie gemischt, um dadurch als Mischfasern den Textilien bestimmte Eigenschaften zu verleihen. Eine häufige Mischfaser besteht aus Polyester und Baumwolle in unterschiedlichen Zusammensetzungen (Heikkilä et al. 2019, S. 35).

| Faserart | Produktionsmenge in Tausend Tonnen |
|---|---|
| Kunstfaser aus synthetischen Polymeren | 66.600 |
| Kunstfaser aus natürlichen Polymeren | 6.800 |
| Baumwolle | 26.100 |
| Jute | 2.500 |
| Wolle | 1.080 |
| Sonstige Naturfaser | 2.320 |
| Gesamtproduktion | 105.400 |

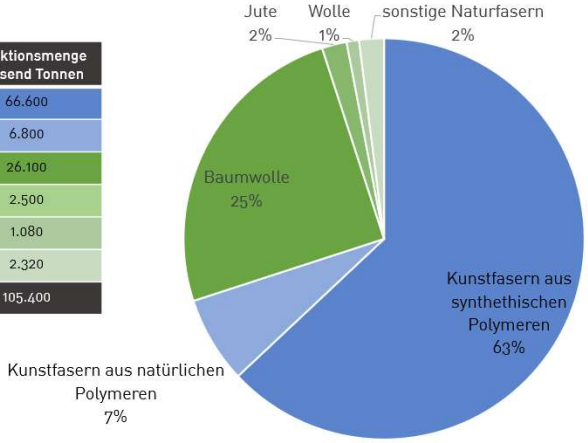



Abbildung 8: Weltweite Produktionsanteile nach einzelnen Faserarten im Jahr 2018

Eigene Darstellung nach (Statista 2019a, 2019b)

Der Einsatz von Sekundärrohstoffe spielt bisher bei der Produktion von Textilien kaum eine Rolle. Gründe sind neben den hohen Kosten für die Behandlung der Textilien entlang der Abfallkette auch die niedrigen Preise von Primärrohstoffen. Dadurch sind recycelte Materialien zurzeit nicht wettbewerbsfähig. Auch die fehlende Internalisierung der externen Kosten der Frischfaserproduktion ist ein Grund für den Wettbewerbsnachteil von Sekundärressourcen. Die Neuproduktion von Textilien bringt eine Reihe von ökologischen Nachteilen mit sich (z.B. hohe Treibhausgasemissionen, hoher Energieverbrauch, hoher Einsatz von Düngemitteln, Pestiziden, Farbstoffen usw.). Trotzdem müssen die Hersteller oder Modemarken, die mit der Neuproduktion von Fasern verbundenen wirtschaftlichen Kosten nicht tragen (Fontell und Heikkilä 2017, S. 44; GIZ 2019, S. 27–28). Außerdem gibt es die Tendenz, menschlichen Arbeitseinsatz zu deutlich höheren Sätzen zu besteuern als den Einsatz von Kapital und natürlichen Ressourcen. So versteuert die EU Arbeitsleistung sehr hoch, wohingegen der Einsatz natürlicher Ressourcen steuerfrei ist oder sogar subventioniert wird (Wijkman et al. 2016, S. 23). Diese Politik begünstigt die traditionellen Formen der Wirtschaftsproduktion und sorgt dafür, dass die Herstellung und der Verkauf von recycelten Materialien gehemmt wird (McCarthy et al. 2019, Kapitel 5.2.2).

Des Weiteren können Textilien aber auch nicht textile Rohstoffe enthalten, wie z.B. Leder, Metalle, Federn, Kunststoffe. Diese Materialien finden sich vor allem in Knöpfen, Reißverschlüssen, Aufdrucken und anderen Accessoires, die am Textil angebracht sind, wieder.

Zusätzlich kommen in der Textilherstellung viele verschiedene Arten von chemischen Stoffen zum Einsatz. Diese Stoffe werden entweder zur Unterstützung des Herstellungsprozesses (Hilfschemikalien) eingesetzt oder um dem textilen Endprodukt eine Funktion zu verleihen. Beispiele für solche Chemikalien, sind z.B. Farbstoffe, Anti-Schrumpfmittel, wasser- und schmutzabweisende Stoffe. Diese können in ziemlich hohen Mengen bei der Herstellung verwendet werden und einen beträchtlichen Anteil im Endprodukt ausmachen. Chemische Stoffe werden auch in den Herstellungsprozessen als Hilfschemikalien und Lösungsmittel, zum Teil in beträchtlichen Mengen, verwendet. Normalerweise finden sie sich aber nur in geringen Mengen im Endprodukt wieder (Roos et al. 2019, S. 39–41). Etwa 10 % der eingesetzten Stoffe werden als Risiko für die menschliche Gesundheit und rund 5 % als Risiko für die Umwelt angesehen (Swedish Chemicals Agency 2014, S. 77–78). Zu diesen Chemikalien gehören neben CMR-Stoffen auch solche, die sensibilisierend (allergieauslösend) sind. Umweltgefährdende Stoffe sind häufig persistent und/oder bioakkumulierbar (Heikkilä et al. 2019, S. 40).

Nur wenn die Abfallwirtschaft weiß, welche Materialien und Stoffe in den textilen Abfällen enthalten sind, ist es möglich neue Textilien daraus herzustellen, welche den Schutz von Mensch und Umwelt gewährleisten können.

## 3.4
### Anreiz- und Hemmnis-Situation der Akteure

Dieser Abschnitt betrachtet nun den zuvor beschriebenen Rahmen, in welchem die Akteure abfallwirtschaftliche Konzepte im Einklang mit den Grundsätzen der CE in der Textilwirtschaft umsetzten können. Dabei untersucht er, welche Rahmenbedingungen Anreize für den Einsatz neuer abfallwirtschaftlicher Ansätze und Geschäftsmodelle nach den Kriterien der CE bieten und welche Hemmnisse darstellen. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der identifizierten Anreize und Hemmnisse für die einzelnen Akteure. Die Anreiz- und Hemmnis-Situation für örE, gewerbliche Entsorgungsunternehmen und gemeinnützige Organisationen ist sehr ähnlich, weswegen diese für alle drei Akteure gemeinsam beschrieben wird.

Tabelle 2: Übersicht Anreiz- und Hemmnis-Analyse

| Stufe der Abfallkette | Anreize | Hemmnisse |
|---|---|---|
| **Designer** | | |
| Produktion | – Vermeidung von Reputationsrisiken<br>– Unabhängigkeit gegenüber schwankenden Rohstoffpreisen bei Naturfasern | – Fehlendes Angebot an geeigneten Recyclingmaterialien<br>– Fehlender Zugang zu kreislaufrelevantem Wissen<br>– Fehlender Zugang zu Informationen über Inhaltsstoffe der recycelten Inputmaterialien<br>– Strukturelle Hindernisse in Großunternehmen<br>– Hoher Wettbewerbsdruck<br>– Hoher Stellenwert des „Geschäftsgeheimnisses“<br>– Hoher Aufwand beim Einholen und Teilen von Informationen<br>– Fehlende Nachfrage nach kreislauffähigen Textilien durch Konsumenten |
| **Produzent** | | |
| Produktion | – Unabhängigkeit ggü. schwankenden Rohstoffpreisen bei Naturfasern | – Fehlendes Angebot an geeigneten Recyclingmaterialien<br>– Fehlender Zugang zu kreislaufrelevantem Wissen<br>– Fehlender Zugang zu Informationen über Inhaltsstoffe der recycelten Inputmaterialien<br>– Hohe Marktmacht der Auftraggeber<br>– Hoher Wettbewerbsdruck |
| Entsorgung | | – Fehlender Zugang zu Wissen bzgl. der richtigen Entsorgung von Textilabfällen |
| **Händler** | | |
| Verkauf | – Vermeidung von Reputationsrisiken | – Hoher Wettbewerbsdruck<br>– Fehlender Zugang zu Informationen, die Auskunft über Kreislaufähigkeit von Produkten geben<br>– Fehlendes Angebot an kreislauffähigen Textilien<br>– Fehlende Nachfrage nach kreislauffähigen Textilien durch Konsumenten |
| Sammlung | | – Unterschiedliche normative Reglungen auf kommunaler Ebene |
| **Konsument** | | |
| Nutzung | | – Fehlender Zugang zu Wissen und Informationen, die Auskunft über die Kreislauffähigkeit von Produkten geben<br>– Fehlender Zugang zu geeigneten Alternativen zu konventionellen Textilien |
| Entsorgung | – „Belohnungen“ von Bekleidungsmarken oder Händlern | – Fehlender Zugang zu Wissen bzgl. der richtigen Entsorgung von Alttextilien |
| **Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, gewerbliche Entsorgungsunternehmen und gemeinnützige Organisationen** | | |
| | | – Fehlender Zugang zu Informationen bzgl. Materialien und Chemikalien<br>– Undurchsichtige und komplexe Routen<br>– Fehlendes Verständnis und Transparenz bzgl. des normativen Abfallbegriffs<br>– Fehlende Planbarkeit bzgl. Quantität und Qualität von Alttextilien<br>– Hoher finanzieller Aufwand bei Investitionen in neue technische Lösungen |

| | | |
|---|---|---|
| Sammlung | – Mehr Material in besserer Qualität sammeln | |
| Sortierung | – Wegfallen aktueller Märkte für Alttextilien<br>– Neue Absatzmöglichkeiten und -märkte | – Komplexität der Materialien<br>– Hohe Kosten bei Sortierung von Recyclingqualitäten<br>– Fehlende (technische) Lösungen für Prozessprobleme in den Sortierprozessen<br>– Fehlende Zugang zu Informationen bzgl. der vom Recycler benötigten Sortierfraktionen<br>– Fehlende Nachfrage nach Recyclingfraktionen durch die Recycler |
| Recycling | – Wegfallen aktueller Märkte für Recyclingprodukte<br>– Neue Absatzmöglichkeiten und -märkte | – Textilien nicht für Recycling designt<br>– Fehlende technische Lösungen für Prozessprobleme in den Recyclingprozessen<br>– Langfristige Planungszyklen für Entsorgungssicherheiten<br>– Hoher Stellenwert des „Geschäftsgeheimnisses“<br>– Fehlende Nachfrage nach Recyclingmaterialien durch die Hersteller |

### *3.4.1* Produktdesigner

Für die Designer gibt es derzeit nur wenige Anreize, den Einsatz von Recyclingmaterialien und das Design von recyclingfreundlichen Textilien zu unterstützen. Einen Anreiz stellen Reputationsrisiken dar, welche durch die wachsende Bedeutung von Nachhaltigkeit für das Image von Unternehmen bei den Konsumenten entstehen können (Weller 2017, S. 10). Durch den Einsatz alternativer Materialen, z.B. denen aus Recyclingprozessen, können die Marken die negativen ökologischen Folgen ihrer Produkte reduzieren und eine negative Reputation vermeiden (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 46). Ein weiterer Anreiz für sie stellt der Wunsch dar, unabhängig von schwankenden Rohstoffpreisen zu sein. Gerade Naturfasern (insb. Baumwolle) sind Preisschwankungen unterworfen (Henrich 2020). Um nicht mehr abhängig von diesen Rohstoffen zu sein, kann es sich für Produktdesigner lohnen, Alternativen aus Recyclingmaterialien in neue Produkte zu integrieren. Voraussetzung ist allerdings, dass diese Alternativen auch in der benötigten Quantität und Qualität zu einem konkurrenzfähigen Preis vorhanden sind. Dieses Angebot an geeignetem Recyclingmaterial besteht jedoch zurzeit noch nicht. Aus diesem Grund ziehen die Designer meist die günstigeren Primärmaterialien vor.

Designer machen sich in der Planungsphase meist keine Gedanken, darüber, was mit den Textilien geschieht, nachdem der Konsument sie gekauft hat. Ihnen fehlt der Zugang zu Wissen über gängige Recyclingmethoden und die Eignung der einzelnen Materialien für das Recycling. Zusätzlich ist ihnen nicht bewusst, welche vorhandenen Recyclingmaterialien bereits auf dem Markt sind und es bestehen Unsicherheiten zu den genauen Inhaltsstoffen von Recyclingmaterialen. Und selbst wenn die Designer für die CE geeignete Textilien designen wol-

len, können sie nicht uneingeschränkt das passende Material und die passenden Herstellungstechniken wählen. Strukturelle Hindernisse in Großunternehmen, die fehlende Nachfrage durch den Konsumenten und der starke Wettbewerbsdruck sind Gründe, die den Einsatz von Recyclingmaterialien beim Design von neuen Textilien verhindern (Watson et al. 2017, S. 36; Wolde und Korneeva 2019, S. 28; Weller 2017, S. 11). Die Meinung, dass Wettbewerbsvorteile immer noch auf geistigem Eigentum, Patenten und Produktionsgeheimnissen beruhen, führen dazu, dass der Austausch von Wissen immer noch eine Ausnahme entlang der Lieferkette bleibt. Dieser ist jedoch essenziell gerade in Bezug auf Geschäftsmodelle in der CE. Designentscheidungen haben große Auswirkungen auf die Durchführbarkeit von Aktivitäten zur Materialrückgewinnung. Neben der Angst der Unternehmen ihr Alleinstellungsmerkmal zu verlieren, stellen auch der anfallende Aufwand ein Hindernis für die Produktdesigner dar die Kooperation mit den anderen Akteuren der Lieferkette auszubauen und zu vertiefen (GIZ 2019, S. 27; McCarthy et al. 2019, Kapitel 5.2.2).

### *3.4.2* Produzenten

Das Bedürfnis unabhängig von den schwankenden Rohstoffpreisen bei Naturfasern (vor allem Baumwolle zu sein, spielt auch für den Produzenten eine entscheidende Rolle. Wenn die Preise in diesem Bereich steigen, ist es auch für ihn von Bedeutung Materialien im Herstellungsprozess einzusparen und deswegen ressourceneffizientere Produktionsprozesse zu etablieren und bevorzugt recycelte Materialien einzusetzen.

Auch die Produzenten der Textilien sehen sich mit einer Reihe von Hemmnissen konfrontiert. So ist auch für sie das fehlende Angebot an adäquaten Recyclingmaterialien ein Grund auf Sekundärmaterialien zu verzichten. Weitere Hemmnisse stellen der fehlende Zugang zu kreislaufrelevantem Wissen und zu Informationen über die Inhaltstoffe der eingesetzten Inputmaterialien dar. Die Produzenten müssen sich aber sicher sein, dass die Garne und Stoffe, die sie kaufen, tatsächlich den angegebenen Recyclinganteil und keine beschränkten Chemikalien beinhalten (Watson et al. 2017, S. 35). Zusätzlich führt die hohe Marktmacht der Auftraggeber dazu, dass diese Druck ausüben, vor allem was die Preise der produzierten Textilien angeht (Stamm et al. 2019, S. 11). Zusammen mit dem hohen Wettbewerbsdruck hat dies zur Folge, dass die Produzenten die günstigen Primärmaterialien bevorzugen. Der hohe Wettbewerbsdruck hat auch zur Folge, dass sich die Produzenten mit den anderen Akteuren nicht über „Geschäftsgeheimnisse“, wie die Wahl von Produktionstechniken und Produktionschemikalien, austauschen und so den Einsatz von Recyclingmaterialien fördern. Zuletzt hemmen fehlendes Wissen bzgl. der richtigen Entsorgung von Textilabfällen den Produzenten sein eigenes Abfallaufkommen zu verringern und den anfallenden Abfall in der Entsorgungsphase passend zu entsorgen (GIZ 2019, S. 27; McCarthy et al. 2019, Kapitel 5.2.2).

### *3.4.3*
### Händler

Die Händler haben ein Interesse daran Reputationsrisiken zu vermeiden. Diese können entstehen, wenn sie Produkte anbieten, die bei den Konsumenten z.B. aufgrund von ressourcenverschwendendem Verhalten in Verruf geraten sind.

Im Vordergrund für die Händler steht jedoch der sehr hohe Wettbewerbsdruck. Da der Preis für Konsumenten beim Kauf von Textilien nach wie vor einen wichtigeren Aspekt als die Rezyklierbarkeit von Textilien darstellt, besteht, keine große Nachfrage nach den meist teureren recycelten Textilien (Fischer et al. 2019, S. 65). Wenn Händler kreislauffähige Textilien in ihr Sortiment aufnehmen möchten, fehlt ihnen neben dem Angebot an diesen Produkten auch der Zugang zu vergleichbaren Informationen, die Auskunft über die Kreislauffähigkeit des Textils liefern (Elander und Ljungkvist 2016, S. 46; Fischer et al. 2019, S. 67).

Ein Hemmnis im Sammlungsprozess stellen die unterschiedlichen abfallwirtschaftlichen Regelungen auf regionaler Ebene in Deutschland dar. Da die deutschen Regelungen auf kommunaler Ebene noch einmal spezifiziert sind, unterscheiden sich die Rahmenbedingungen in den einzelnen Gebieten. Durch z.B. unterschiedliche Regelungen bei der Sammlung von Alttextilien, können Barrieren für Marken entstehen, Sammelstellen für alte Textilien in ihre Geschäfte zu integrieren. (GIZ 2019, S. 28–29)

### *3.4.4*
### Konsumenten

Auch Konsumenten fehlen aktuell die passenden Informationen, um ein kreislauffähiges Produkt zu erkennen, und das klare Verständnis, was ein solches Textil ausmacht (Fischer et al. 2019, S. 67). Selbst wenn, das Wissen vorhanden ist, fehlen meist die Möglichkeiten geeignete, alternative Produkte zu kaufen. Vor allem in Geschäften, aber auch in den gängigen Online-Plattformen, steht kein ausreichendes Warenangebot an kreislauffähigen Textilien, z.B. mit Recyclingmaterialien zur Verfügung (Jacobs et al. 2018).

In der Entsorgungsphase schaffen manche Textilmarken und der Handel einen Anreiz für Konsumenten, genutzte Textilien zurück zu bringen und somit dem geeigneten Abfallstrom zuzuführen. Sie belohnen dies z.B. mit einem Gutschein für den nächsten Einkauf. Ein Hindernis in diesem Zusammenhang spielen die geringen Preise für neue, konventionelle Textilien, da die Konsumenten deswegen häufig keinen Grund sehen Textilien lange zu nutzen. Ein weiteres Hemmnis bei der Entsorgung stellt der fehlende Zugang zu Wissen und Informationen über die richtige Entsorgung alter Textilien dar, weswegen alte Textilien teilweise immer noch im Restmüll landen.

### *3.4.5*
### Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, gewerbliche Entsorgungsunternehmen und gemeinnützige Organisationen

Bei der Sammlung stellt die Möglichkeit mit neuen Geschäftsmodellen mehr Materialien in besserer Qualität, sprich trocken und sauber, zu sammeln einen Anreiz dar.

Bei der Sortierung entsteht ein Anreiz, durch das Wegfallen aktueller Märkte für Alttextilien. Ein Großteil der Alttextilien, welche als wiederverwendbar eingestuft werden, verbringen die Händler heutzutage außerhalb von Europa. Der Export in andere Länder erweist sich jedoch zurzeit nicht mehr als so lukrativ wie in der Vergangenheit. Die Qualität neuer Kleidung ist schlechter geworden, wodurch deren Export schwieriger wird. Das hat dazu geführt, dass vor allem asiatische Länder ein Verbot der Einfuhr von Alttextilien beschlossen haben. So ist beispielsweise die Einfuhr von Gebrauchtkleidung auf den Philippinen und in China verboten (Bukhari et al. 2018, S. 326–327).

Der aktuell wegfallende Absatzmarkt repräsentiert einen Anreiz für Textilien, die bislang dem Downcycling zugeführt werden. So galt die Umwidmung zu Putzlappen in der Vergangenheit als ein gewinnbringender Markt für Alttextilien. In den letzten Jahren haben jedoch der Rückgang der traditionellen Industriezweige wie Maschinenbau und Schiffsbau sowie der technologische Wandel zu einem Nachfragerückgang geführt. Dieser wird verstärkt durch die Einführung alternativer Materialien. Zwar betrachten die Hersteller von Putztextilien diesen Markt weiterhin als wertvoll, jedoch schätzen sie die Wachstumschancen als eher gering ein (Bartlett et al. 2013, S. 42–43). Aus diesem Grund müssen sich die Entsorger nach neuen Alternativen für die Nutzung ihrer Alttextilien umsehen. Zuletzt stellen neue Märkte und Absatzmöglichkeiten einen weiteren Anreiz für die Akteure im Sortierungs- und Recyclingprozess dar. Die Akteure der Abfallkette, die einen produktiveren Einsatz des Materialinputs, z.B. durch großflächiges Sammeln, genaue Sortierung und Recycling als Geschäftsmodell anstreben, können neue Einnahmenquellen aus diesen Aktivitäten generieren erzielen. Dies ist, aufgrund der aktuellen Situation, in der nur die wirklich gut erhaltenen Alttextilien als gewinnbringend betrachtet werden können, ein Anlass neue Geschäftsmodelle zu etablieren (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 46).

Ein Hemmnis, welches die Akteure der Abfallbehandlung betrifft, ist die fehlende Transparenz und Rückverfolgbarkeit in der textilen Abfallkette. Dabei fehlt der Zugang zu wichtigen Informationen zu den Inhaltsstoffen der Alttextilien, nicht nur in Bezug auf Materialien, sondern auch in Bezug auf sonstige Inhaltsstoffe wie Chemikalien, welche essenziell für den Sortier- und Recyclingprozess sind. Die aktuelle Gesetzgebung ist hier zurzeit nicht ausreichend. So müssen laut der EU-Textilkennzeichnungsverordnung Chemikalien und Hilfsstoffe nicht auf dem Etikett aufgeführt werden. Und die Hersteller müssen nur die Chemikalien in Erzeugnissen preisgeben, welche als SVHC eingestuft sind.

Zusätzlich ist der Zeitraum der Auskunft mit 45 Tagen zu lang, damit Recycler die Auskunftspflicht nutzen können. Da heute die meisten Recyclingtechnologien bedenkliche Stoffe nicht aus dem Recyclingprodukt herausfiltern können, sind diese Informationen jedoch entscheidend. Problematisch wird dies zum einen bei den Chemikalien, welche zum Zeitpunkt der Produktion zugelassen waren, aber zum Zeitpunkt des Recyclings Gegenstand von Einschränkungen (z.B. unter REACH) sind (European Commission 2019e, S. 37; Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 46). Zum anderen betrifft dies Chemikalien, die aufgrund nicht einheitlicher Regelungen in einem Land verboten sind und einem anderen nicht (Elander und Ljungkvist 2016, S. 46). Zusätzlich kämpfen die Entsorger mit der Undurchsichtigkeit und der Komplexität der Routen, die die Alttextilien zurücklegen. Die Alttextilien werden selten innerhalb eines geographischen Gebiets oder von einem einzelnen Akteur gesammelt, sortiert und recycelt. Dabei fehlt die Transparenz über die Wege und Zwischenschritte und den Zeitpunkt der Eigentumsübertragung zwischen den Akteuren. Aus diesem Grund ist es fast unmöglich, die Verantwortlichkeiten für die Wiederverwendung und Entsorgung zu definieren. (Boiten et al. 2017a, S. 10–11).

Den Akteuren am Ende der Abfallkette bereitet auch die Komplexität und die Unklarheit im Zusammenhang mit dem Begriff „Abfall" im Bereich Textilien Probleme. Durch ihn entstehen Unsicherheiten bei der Verfolgung neuer Wege für die Wiederverwendung und die Vermarktung von Sekundärmaterialien (Boiten et al. 2017b, S. 15). Bei den Begriffen Abfall, End-of-Life, Wiederverwendung und Recycling herrscht bei vielen Akteuren nach wie vor rechtliche und semantische Unklarheit. Alttextilien pendeln aktuelle zwischen dem Begriff „Abfall" und „Produkt". Dies erschwert die Möglichkeit der Akteure mit überschüssigen Textilien zu handeln und diese zu exportieren und zu importieren. In der EU gibt es bereits spezifische Kriterien für das Ende der Abfalleigenschaften für einige Produktgruppen. Jedoch existieren solche Kriterien für Textilien bisher noch nicht. Die Unsicherheit und Komplexität bei der Nutzung der Begriffe und ihrer Definitionen erschwert die Einführung des Konzepts der CE, da vor allem das Wort Abfall und End-of-Life in diesem Konzept nicht vorkommen. Des Weiteren stellt sie die Behörden und die Akteure der textilen Wertschöpfungskette vor die Herausforderung, klare Beschreibungen und Erklärungen für die Verbraucher zu entwickeln, um den Nutzen von recycelten Materialien hervorzuheben und ihre Nutzung voranzutreiben (Boiten et al. 2017a, S. 10; European Commission 2018b, S. 5). Sie erschwert zudem die fehlende Planbarkeit über Menge, Qualität und Regelmäßigkeit die Versorgung der Akteure mit Alttextilien. Zusätzlich verringert sich die Quantität an gesammelten Textilien durch illegal aufgestellte Sammelcontainer erheblich. Größere automatisierte Sortier- und Recyclinganlagen benötigen jedoch einen dauerhaften Zustrom an Alttextilien, die eine bestimmte Qualitätsstufe nicht unterschreiten. Zurzeit lässt sich jedoch der Trend erkennen, dass die Qualität der Textilien aufgrund der „Fast-Fashion"-Mode abnimmt und somit die Qualität von Alttextilien sehr variabel

ist. Auch die nötige Menge an Materialien lässt sich nicht für jede Anlage realisieren. Dies gilt insbesondere in Regionen, die sich durch eine geringe Bevölkerungsdichte oder einen geringen Verbrauch von Textilien auszeichnen. Zwar wäre der Transport der Abfälle zu zentralen Aufbereitungsanlagen technisch möglich, doch die entstehenden Transaktionskosten und Emissionen machen dies nicht immer wirtschaftlich durchführbar und ökologisch sinnvoll (Boiten et al. 2017b, S. 14; McCarthy et al. 2019, Kapitel 2.2.2; Wilts et al. 2014, S. 63).

Eine Schwierigkeit beim Sortieren und beim Recycling stellen die aktuellen Bestandteile von Textilien dar. Textilien sind so designt, dass sie bestimmten Anforderungen während der Nutzungsphase genügen, jedoch nicht den Anforderungen in der Recyclingphase. Dadurch bestehen Textilien aus unterschiedlichen Misch- und Multimaterialien. Dies erschwert jedoch das Sortieren der Textilien und das Recycling der Fasern. Dies macht recycelte Fasern sehr teuer oder den Recyclingprozess unmöglich. (GIZ 2019, S. 26–27; Watson et al. 2017, S. 36; Wolde und Korneeva 2019, S. 28). Zusätzlich sorgt beim Sortieren der aktuelle Prozessablauf für Hemmnisse. Die Identifikation der Materialien erfolgt händisch über das Etikett des Textils. Dafür wird eine große Anzahl an Personal benötigt, was gerade für das Sortieren von Recyclingqualitäten mit hohen Kosten verbunden ist. Gerade die Sortierbetriebe sehen sich deswegen vor der Herausforderung die sortierten Alttextilien zu stabilen Preisen liefern zu können (Fontell und Heikkilä 2017, S. 44; WRAP et al. 2019, S. 47). Zusätzlich fehlen in vielen Fällen die Etiketten oder sind unleserlich, was die Sortierung auch für Fachleute schwierig oder unmöglich macht (Heikkilä et al. 2019, S. 35; WRAP et al. 2019, S. 30).

Das technische Forschungszentrum Finnland führte ein Experiment durch, um den Anteil an fehlenden und nichtleserlichen Etiketten bei „Nicht mehr zur Verwendung geeigneten" Textilien zu bestimmen. Das Ergebnis zeigt, dass ein Drittel der untersuchten Textilien zu dieser Gruppe gehören (Heikkilä et al. 2019, S. 31). Da die Etiketten häufig die einzige Möglichkeit für die Sortierer sind die Materialien zu identifizieren, ergeben sich hier große Probleme. Dadurch entstehen Unsicherheiten darüber, wie gut und beständig die Qualität der manuell sortierten Alttextilien sein kann (Wedin et al. 2017, S. 2). Außerdem muss das Etikett, laut der EU-Textilkennzeichnungsverordnung, nur 95-98% der Fasern des Textils aufführen. Dies Informationen reichen jedoch nicht aus, um ein Textilrecycling in großem Maßstab zu ermöglichen, da der verbleibende Faseranteil bestimmte Recyclingprozesse stören kann, z.B. verhindern geringe Elasthananteile das Schmelzspinnen von synthetischem Material. Die Verordnung schreibt auch keine Kennzeichnung auf einem ausreichend spezifischen Niveau vor, um ähnliche Fasern zu identifizieren, z.B. wird nicht zwischen Nylon 6 und Nylon 6.6 unterschieden, was jedoch für bestimmte Recyclingprozesse notwendig ist (Roos et al. 2019, S. 42). Hier fehlt es an (technischen) Lösungen, die diese Prozessprobleme beheben. Ein weiteres Hemmnis im Sortierprozess ist, dass den Akteuren der Sortierprozesse der Zugang zu Informationen fehlt, welche

genauen Spezifikationen die Sortierfraktionen haben müssen. Sie wissen nicht, welche Materialklassen die Recyclingbetriebe für ihre jeweiligen Recyclingprozesse benötigen und können aus diesem Grund kein passendes Angebot schaffen.

Auch bei den Recyclingprozessen sehen sich die Akteure vor Schwierigkeiten gestellt. Die gegenwärtigen Technologien kämpfen noch mit einigen technischen Problemen, wie z.B. der Verkürzung der Faserlängen beim mechanischen Recycling und der Trennung der Faserarten bei Produkten mit Fasergemischen. Zusätzlich verbleiben bei den aktuellen Technologien die Chemikalien zumeist in den Textilien und führen dazu, dass der Recycler die Zusammensetzung seiner Recyclingprodukte nicht garantieren kann. Dies ist auch ein Grund, warum bislang die Nachfrage nach recycelten Materialien noch nicht gegeben ist. Nur wenn neue Technologien auf den Markt kommen, welche technisch bessere Möglichkeiten für das Recycling bieten, können die Akteure einer CE angemessen Geschäftsmodelle adaptieren (Watson et al. 2017, S. 36).

Die Entwicklung von neuen Technologien zur Marktreife und die frühe Markteinführungsphase erzeugt jedoch hohe Kosten und auch die Anschaffung neuer Technologien ist teuer. Zwar gibt es einige Finanzierungsmöglichkeiten in Bezug auf die Erforschung der Rahmenbedingungen für eine Textilwirtschaft in der CE, jedoch fehlt es an Investments in zukunftsfähige Technologien. Nur die nordischen Länder (Schweden, Norwegen und Finnland) haben damit begonnen, im Rahmen einer übergreifenden Textilstrategie mehr Mittel für die Technologisierung zur Verfügung zu stellen. Gerade die Schritte bis zur Marktreife und darüber hinaus sind aber nötig, um recycelte Materialien auf dem Markt wettbewerbsfähig zu machen (GIZ 2019, S. 27–28; Wilts et al. 2014, S. 67). Ein weiteres Hemmnis entsteht, da die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger in den meisten Bundesländern verpflichtet sind eine zehnjährige Entsorgungssicherheit für alle möglicherweise anfallenden Abfälle zu garantieren. Dadurch entstehen systematische Überkapazitäten in der Abfallentsorgung, die dann in Konkurrenz mit anderen Verwertungsinfrastrukturen stehen. Zusätzlich unterliegen Müllverbrennungsanlagen seit 1993 nicht mehr dem Planfeststellungsverfahren. Dadurch ist es jedem Akteur möglich, auch gegen den Willen der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger z.B. Ersatzbrennstoffwerke zu errichten, wenn er die umweltrechtlichen Auflagen einhält. Hierdurch entstehen weitere Überkapazitäten, welche zu Niedrigpreisen in der Abfallverbrennung führen. Somit wird der Recyclingbranche benötigter Input entzogen (Wilts et al. 2014, S. 60). Zuletzt hemmt auch die Meinung, dass das „Geschäftsgeheimnis" einen Wettbewerbsvorteil bringt, sowohl den Austausch unter den Recyclern, als auch den Austausch mit den anderen Akteuren der Abfallkette (McCarthy et al. 2019, Kapitel 5.2.2).

## 3.5
## Aus den Rahmenbedingungen entstehendes Delta

Das, aus den untersuchten Rahmenbedingungen entstehende, Delta ergibt sich aus dem Vergleich des Soll-Zustandes mit dem Ist-Zustand. Den Soll-Zustand bilden Geschäftsmodelle, welche auf dem Verständnis der CE beruhen und die normativen Rahmenbedingungen einhalten. Um überprüfen zu können inwieweit neue Geschäftsmodelle diesen Vorgaben entsprechen, stützt sich diese Arbeit auf die in Abschnitt 2.4 erarbeiteten vier Kriterien:

1. Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf
2. Transparenz zwischen den Akteuren
3. Schlüsselaktivität
4. Produkt

Zeitgleich befinden sich die Akteure bei der Umsetzung neuer abfallwirtschaftlicher Geschäftsmodelle im Ist-Zustand in einer unerwünschten Anreiz- und Hemmnis-Konstellation. Die Möglichkeiten, neue Absätze zu generieren und Märkte zu erschließen, bilden positive Anreize. Im Gegenzug dazu stellen das Wegfallen aktueller Märkte für Alttextilien und die Reputationsrisiken Negativanreize dar. Diesen Anreizen, stehen Hemmnisse gegenüber. Hierzu zählen regulatorische Hemmnisse, wie die fehlende Transparenz bzgl. des Abfallbegriffs. Weitere Hemmnisse fallen unter die Kategorie technologische Hemmnisse, wie die „technischen" Schwierigkeiten in den Recyclingprozessen. Außerdem gibt es noch Markthemmnisse wie der starke Wettbewerbsdruck, die fehlende Nachfrage nach Recyclingmaterialien, und die fehlende Planbarkeit bzgl. Quantität und Qualität von Alttextilien. Außerdem sind die Akteure durch Kommunikationshemmnisse beeinflusst, wie z.B. die fehlende Transparenz und Nachverfolgbarkeit in der Lieferkette und finanzielle Hemmnisse. Zuletzt stellen die Unsicherheit darüber, welche Chemikalien in den gesammelten Textilien zu finden sind, ein Hemmnis dar. Ziel sollte es nun sein, die Hemmnisse, denen sich die Akteure ausgesetzt sehen, zu minimieren und die Anreize für den Einsatz von neuen Geschäftsmodellen auszuweiten, um dadurch das aktuell bestehende Delta zu schließen.

Das Delta ergibt sich aus dem Abgleich dieser Anreiz- und Hemmnis-Konstellation mit dem geforderten Soll der normativen Rahmenbedingungen, dargestellt durch die vier Kriterien für Geschäftsmodelle. Das Delta macht dabei deutlich, welche Barrieren die Etablierung von neuen Geschäftsmodellen nach CE-Kriterien verhindern.

Das Ergebnis dieses Abgleichs stellen vier Kernbereiche dar, die gemeinsam das Delta darstellen und durch die Lösungsansätze zu adressieren sind:

1. Fehlender Zugang zu Wissen und Informationen: An vielen Stellen fehlt den Akteuren Wissen und Informationen, um kreislauffähig zu produzieren und zu konsumieren. Aktuell leisten die Geschäftsmodelle

noch nicht, dieses fehlende Wissen zu liefern und so die Kriterien Transparenz zwischen den Akteuren und Schlüsselaktivität zu erfüllen.

2. **Fehlender Zugang zu neuen technischen Lösungen:** Besonders beim Sortieren und Recycling stehen die Akteure vor technischen Problemen, die die aktuellen Geschäftsmodelle daran hindern, die Kriterien in Richtung CE einzuhalten. Vor allem in Bezug auf die Schlüsselaktivität und das Produkt ist die aktuelle Technik auf dem Markt noch nicht so weit, um die Kriterien in Richtung CE vollständig zu erfüllen. Hier benötigen die Akteure neue (technische) Innovationen, um ein Angebot an geeigneten Recyclingmaterialien bereitstellen zu können. Zusätzlich erfordert die Anschaffung neuer technischer Lösungen hohe finanzielle Ausgaben, die die Akteure daran hindert, neue Geschäftsmodelle umzusetzen.
3. **Fehlende Wettbewerbsfähigkeit der Sekundärmaterialien:** Geschäftsmodelle sind nur dann erfolgreich, wenn sie sich gegen Wettbewerber auf dem Markt behaupten können. Aktuell ist dies für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung CE jedoch nicht der Fall. Gründe hierfür sind neben der fehlenden Nachfrage nach den Recyclingprodukten, auch die hohen Kosten bei der Herstellung von Sekundärrohstoffen und die regulativen Vorteile für Primärrohstoffe. Dieses Ungleichgewicht führt dazu, dass die Preise für recycelte Materialien auf dem Markt nicht wettbewerbsfähig sind und die Geschäftsmodelle keinen Beitrag zur Schließung des Wertschöpfungskreislaufes liefern können.
4. **Fehlende Transparenz:** Die Hemmnis-Situation macht klar, dass Transparenz heutzutage in der textilen Abfallkette noch nicht gegeben ist. Die aktuell bestehenden Geschäftsmodelle können das Kriterium der Transparenz zwischen den Akteuren nicht erfüllen. Es fehlen niederschwellige Angebote, die die Akteure unterstützen nötige Informationen zu teilen.

Das hier aufgespannte Delta gilt es nun durch neue Innovationen und Geschäftsmodelle zu schließen

# 4
# Innovative Ansätze zur Optimierung der Behandlung von Alttextilien

Um das Delta zu schließen, benötigt man neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle. Dabei stellt sich die Frage, welche innovativen Ansätze bereits erforscht werden und inwieweit sich diese als Grundlage für neue Geschäftsmodelle eignen. Zur Beantwortung dieser Frage stellt Abschnitt 4.1 ausgewählte innovative Ansätze vor und bewertet diese. Im Anschluss zeigt Abschnitt 4.2, inwieweit sich die untersuchten Ansätze als Grundlage für zukünftige Geschäftsmodelle eignen.

## 4.1
## Vorstellung innovativer Ansätze zur Optimierung der Behandlung von Alttextilien

Die Bestimmung und Beschreibung der Ansätze erfolgt mittels Literaturrecherche. Dabei ermittelt diese Arbeit Leuchtturmprojekte und -produkte zu den einzelnen Innovationen, welche im Anhang aufgeführt sind und als Grundlage für die technische Beschreibung der Ansätze dienen. Die Leuchtturmprojekte oder -produkte beschäftigen sich auf neuartige Weise mit den Schwierigkeiten in der Abfallkette und entwickeln dazu technische Lösungen.

Zur Bewertung der Ansätze nutzt diese Arbeit die SWOT-Analyse. Diese Analyse stellt den internen Faktoren (Stärken und Schwächen) die externen Faktoren (Chancen und Bedrohungen) gegenüber und schafft so ein ganzheitliches Bild von den Möglichkeiten, die durch die jeweilige Innovation entstehen (Niederberger und Wassermann 2015, S. 189). Dabei konzentriert sich die Analyse auf drei Schlüssel-Bereiche der Abfallkette: die Informationsweitergabe, die Sortierung und das Faser-zu-Faser-Recycling.

### *4.1.1*
### Technologien zur Informationsweitergabe

Technologien zur Inforationsweitergabe, wie das Materialdeklarationssystem (MDS) können die Nachverfolgbarkeit der Materialien entlang des Wertschöpfungskreislaufes ermöglichen. Zusätzlich untersucht dieser Abschnitt die Radio Frequency Identification- Technologie (RFID) und die Marker-Technologie auf Materialebene. Diese Technologien eignen sich dafür Textilien zu identifizieren und diesen dann, aufbauend auf einer Datenbank wie dem MDS, Informationen zuzuordnen.

#### Materialdeklarationssystem

Ein MDS stellt ein Datenbanksystem (z.B. cloudbasiert) dar, mit dem die Akteure Informationen über das Textil entlang des Wertschöpfungskreislaufes weitergegeben können. Zweck des MDS ist es, Daten über die verwendeten Materialien und Stoffen, aber z.B. auch die genutzten Prozesse oder Informationen über

Rücknahme und Wiederverwendungsmöglichkeiten zu sammeln. Dadurch entsteht eine Stückliste für das Textil, mit der alle freigegebenen Daten zentralisiert in einem einheitlichen System abgebildet sind. Die Struktur dieser Liste folgt dabei den verschiedenen Stufen des Produktionsprozesses des Textils, sodass eine vollständige Rückverfolgbarkeit aller Bestandteile möglich ist (Schenten et al. 2018, S. 36). Solche Systeme sind bereits in anderen Branchen erfolgreich etabliert. Die Automobilbranche hat mit dem IMDS (International Material Data System) ein Tool zur Lieferkettenkommunikation eingeführt. Dieses stellt die Einhaltung stoffbezogener Anforderungen sicher und soll die Kreislaufführung von Materialien erleichtern.

Für ein MDS muss jeder beteiligte Akteur nur die Daten beisteuern, die seine eigenen Prozesse der Wertschöpfungskette in Bezug auf das Produkt betreffen. Hier besteht ein Restrisiko, dass die Akteure die Daten falsch eintragen. Dieses ist jedoch weitaus geringer als bei dezentralisierten, nicht standardisierten Systemen. Dadurch entsteht eine hohe Verlässlichkeit in Bezug auf die Datenqualität des MDS, gerade auch bei komplexen Wertschöpfungsketten.

Ein Hindernis für die Akteure des Produktionsprozesses stellt der hohe Aufwand und die hohen Kosten, die vor bzw. bei der Einführung eines solchen Systems u.a. durch die Identifikation der komplexen Wertschöpfungsketten entstehen, dar. Diesem Aufwand stehen jedoch mittel- und langfristig ein größerer Nutzen und höhere Kosteneinsparungen entgegen. So ermöglicht ein MDS seinen Nutzern nicht nur die aktuellen rechtlichen Vorgaben bzgl. Stoffen in Erzeugnissen (z.B. REACH) zu erfüllen, sondern auch sich darauf vorzubereiten gegenüber zukünftigen regulatorischen Entwicklungen konform zu sein. Zusätzlich profitieren die Akteure der Produktion, da sie aufgrund der gewonnenen Transparenz im Vergleich zum Status Quo Kosten einsparen können. So benötigen sie z.B. durch das MDS deutlich weniger Tests, um die Vorgaben bzgl. Stoffen in Erzeugnissen einhalten können. Ein weiteres Beispiel stellt die Vereinfachung der Lieferantenbewertung dar. Durch die Transparenz fällt es den Akteuren leichter die Performance der Lieferanten einzuschätzen. Das Risiko sinkt, dass Lieferanten nicht die Materialien und Stoffe einsetzen, die vertraglich vereinbart wurden. Trotz der Vorteile scheuen viele Akteure aufgrund der Meinung, dass Wettbewerbsvorteile auf Produktionsgeheimnissen, Geschäftsbeziehungen und geistigem Eigentum beruhen, die geforderte Transparenz, die ein MDS mit sich zieht. Um diese Vorurteile abzubauen, ist es wichtig, dass ein MDS vertrauliche Geschäftsinformationen berücksichtigt (Schenten et al. 2018, S. 36).

Eine Herausforderung vor Einführung des Systems besteht darin einen globalen Standard bzgl. einer gemeinsamen Datenstruktur und eines Austauschformats zu definieren. Dafür wird die Zusammenarbeit aller Akteure der Wertschöpfungskette benötigt. Dabei kann dieser Prozess, auf den mit anderen Sektoren oder Unternehmen gemeinsam genutzten Berichterstattungsstandards profitieren. Dies erhöht die Bereitschaft der Lieferanten Daten für das System bereitzustellen (Schenten et al. 2018, S. 37).

Um die Daten auch für die Akteure nach der Produktion zugänglich zu machen, wird ein einheitlicher Unique Product Identifier (UPI) benötigt (siehe nachfolgende Analysen). Nur mit diesem können auch die Händler, Konsumenten, Sortierer und Recycler die Textilien eindeutig identifizieren und ihnen die für sie nötigen Daten des MDS zuordnen. Dabei können Sortierer und Recycler von einem MDS mit UPI nur profitieren, da für sie kein Aufwand bei der Einführung eines solchen Systems entsteht. Für Sortierer eröffnet sich durch ein MDS die Möglichkeit die Alttextilien nach speziellen Stoffströmen zu sortieren. Dies kann auf der einen Seite bedeuten Textilien mit Stoffen auszuschleusen, welche laut den rechtlichen Vorgaben Beschränkungen unterliegen. Auf der anderen Seite kann der Sortierer genau die Sortierfraktionen bereitstellen, welche von Bedeutung für die nachfolgenden Recyclinganwendungen sind. Das System gibt auch den Recyclern die Gewissheit über die Zusammensetzung der Materialien und Stoffe in ihren Inputströmen. Dies ist wichtig für die Prozessleistung und -qualität, aber auch in Bezug auf die Arbeitssicherheit der Mitarbeiter in den Prozessen und den Qualitätsstandards der Outputprodukte. So können auch Recycler durch ein MDS Testkosten für komplexe chemische Analysen sparen (Hale 2020).

Eine wichtige Bedeutung kommt dem MDS zu, da es ermöglicht Innovationsprozesse anzustoßen. Das System kann einen Anreiz bieten die Suche nach Substituten voranzutreiben, aber es vereinfacht auch die Entwicklung neuer Recyclingprozesse. Gründe hierfür sind zum einen die mit dem System geschaffene Transparenz, aber auch die Kosteneinsparungen in Bezug auf Compliance-Maßnahmen, die nun in die Forschung und Entwicklung neuer Lösungsansätze fliesen kann (Schenten et al. 2019; Hale 2020).Abbildung 9 fasst die ebenen beschriebenen Punkte der SWOT-Analyse zusammen.

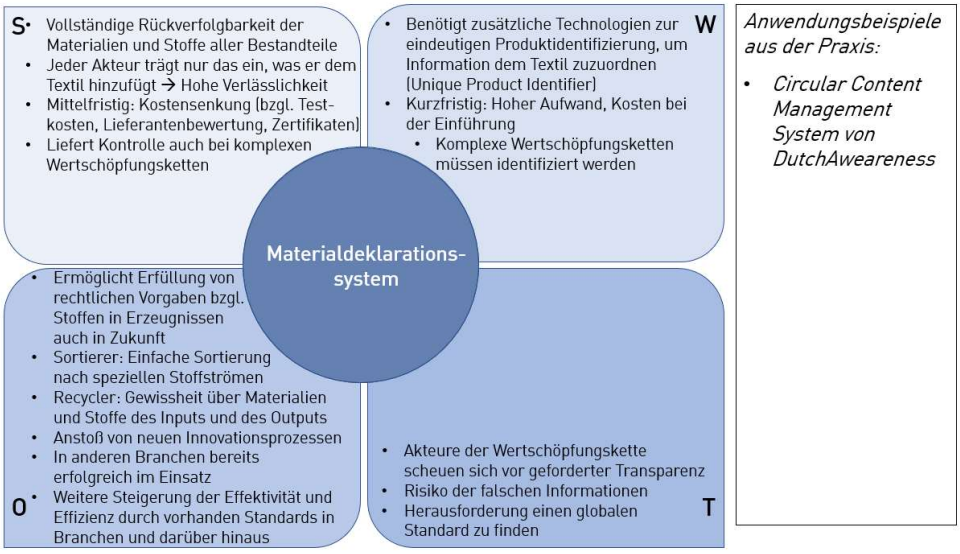



Abbildung 9: SWOT-Analyse Materialdeklarationssystem

Eigene Abbildung

## Radio Frequency Identification

Um die Inhalte des Datenmanagementsystems den einzelnen Textilen zuordnen zu können, sind weitere Technologien nötig. Diese müssen jedes Textil einwandfrei identifizierbar machen. Eine mögliche Technologie stellt die Radio Frequency Identification (RFID) dar. Die Funktionsweise der RFID-Technologie basiert auf der Speicherung von Informationen in einem RFID-Chip und dessen drahtlosem Auslesen durch ein RFID-Lesegerät. Dieser Chip, ist ein kleines Gerät, das bei der Herstellung in ein Produkt eingebaut oder nachträglich in einem Aufkleber am Produkt angebracht werden kann. Dies bedeutet einen zusätzlichen Aufwand für den Hersteller, da er den Chip am Produkt anbringen muss (Humpston et al. 2014, S. 8). Bei Textilien wird der RFID-Chip normalerweise in das Etikett der Waschanleitung integriert. Dies hat jedoch den Nachteil, dass der Konsument die Etiketten sehr leicht entfernen kann und dann die Informationen dieses Textils verloren gehen können. Es gibt jedoch bereits Versuche, die RFID-Technologie in Garn zu integrieren und dann in das Textil zu verweben (siehe Tabelle 11 im Anhang: Anwendungsbeispiel „Eon.ID Faden".

RFID-Chips enthalten eine Antenne zum Senden und Empfangen von Funkfrequenzabfragen des RFID-Sendeempfängers (Kamppuri et al. 2019, S. 12–13). Dadurch können Sortier- und Recyclingunternehmen mithilfe eines Sendeempfängers alle wichtigen Informationen zu den Stoffströmen der Textilien, die der Hersteller zur Verfügung stellt, auslesen. Mögliche Inhalte, die auf dem RFID-Chip gespeichert werden könnten, wären neben Informationen zum eingesetzten Fasermaterial und zur Farbe des Textils auch Informationen zu Produktionsweisen und dem Einsatz von sonstigen Inhaltsstoffen und Chemikalien. Somit kann diese Technologie in aufbauend auf ein MDS auch die Konformität mit stoffrechtlichen Anforderungen (z.B. REACH) erfüllen. Die Inhalte, die auf dem RFID-Chip gespeichert sind, lassen keine Rückschlüsse auf die Markt- und Tragfähigkeit der Alttextilien zu. Aus diesem Grund kommt der Einsatz von RFID nur für den zweiten Sortierschritt, der nicht für die Wiederverwendung geeigneten Textilien, in Frage. Mithilfe dieser Technologie können die Sortierer diese Textilien nach Material und Farbe aufteilen und somit den Verkauf von geringwertigen, recyclingfähigen Alttextilien ermöglichen.

Die RFID-Chips können mit verschiedenartigen Daten auf unterschiedlichen Ebenen beschrieben werden. Dies ermöglicht den Zugriff auf die passenden Daten für den jeweiligen Akteur mittels eines Zugriffscodes. Zwar können die Daten mit Hilfe dieses Codes geschützt werden, trotzdem besteht die Möglichkeit der Manipulation von Informationen durch Hacker (Englund et al. 2017, S. 49–50).

Zwar gibt es auch Chips mit eigener Energieversorgung mittels Batterien, für die Textilwirtschaft scheint jedoch ein passiver Chip am sinnvollsten. Dieser benötigt keine eigene Energieversorgung, sondern die Daten werden von außen durch den RFID-Sendeempfänger abgefragt. Noch nicht geklärt ist, wie lang die Lebensdauer der Chips ist. Sie erweisen sich zwar als sehr langlebig, wenn sie

keinen starken Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, jedoch ist noch nicht geklärt, wie lang sie starker Beanspruchung, die z.B. beim Waschen der Textilien entsteht, standhalten (Englund et al. 2017, S. 22).

Ein weiterer Nachteil ist, dass im Chip zusätzliche Rohstoffe, wie Silizium, Epoxidharze und Nickel eingesetzt werden und die Antenne Aluminium, Kupfer und Silber benötigt. Zusätzlich kommen noch Klebstoffe aus Acrylaten bei der Produktion zum Einsatz. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob die Möglichkeit eines Verwendungskreislaufes für die Chips besteht, da dieser Ansonsten den Anforderungen der CE nicht standhalten kann (Englund et al. 2017, S. 20–23).

Der RFID-Sendeempfänger, kann entweder stationär aufgebaut sein oder der Nutzer kann ein Handlesegerät verwenden. Der Vorteil von RFID ist, dass weder eine physische noch eine visuelle Verbindung zwischen dem Chip und dem Lesegerät zum Lesen der Daten notwendig ist. Außerdem kann das Lesegerät die Daten von mehreren Chips gleichzeitig abrufen. Dabei beträgt der Leseabstand zwischen zehn und einigen zehn Zentimetern, je nach Lesefrequenz (Kamppuri et al. 2019, S. 12–13; Englund et al. 2017, S. 20–23). Die Frequenz, mit der die Daten abgerufen werden, muss jedoch schon im Voraus festgelegt sein. Dies macht die Einführung von globalen Standards nötig, damit sich diese Technologie flächendeckend einsetzten lässt (Englund et al. 2017, S. 49–50).

Die RFID-Technologie wird bereits, u.a. zur Optimierung der Lieferkette und der Lieferverfolgung, zur Verbesserung der Prozesse in den Geschäften (z. B. Kasse, Lagerbestand, Produktsuche) sowie für die Bekämpfung von Diebstahl und Fälschung eingesetzt. Die, auch in der Textilindustrie gewonnenen Erfahrungen zu dieser Technologie, können deren Einführung beim Einsatz zur Sortierung vereinfachen (Kamppuri et al. 2019, S. 12–13). Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Kosten sowohl für die Chips als auch für die Lesegeräte relativ gering sind und deswegen keine Hürde darstellen sollten (Englund et al. 2017, S. 39).

Durch die Funktionsweise von RFID können sogar die Verbraucher an Informationen zum Textil gelangen. Jedoch besteht hier das Risiko, dass gerade die Konsumenten die neue Technologie ablehnen, aus Angst, dass dadurch ihre Rechte eingeschränkt werden. So war im Jahr 2003 Benetton die erste Modemarke, die die RFID-Verfolgung in ihren Textilien einführte. Dafür bestellte das Unternehmen 15 Millionen RFID-Etiketten, welche in die Textilien eingenäht werden sollten. Aus Angst, dass ein großes Unternehmen ihre Bewegungen überwachen würden, begannen die Verbraucher jedoch Benetton-Läden zu boykottieren. Aus diesem Grund unterbrach Benetton das Pilotprojekt. (Sihvola et al. 2014, S. 265; Humpston et al. 2014, S. 8)

Zu beachten ist außerdem, dass durch den Einsatz der Chips in den Textilien, sich die Verantwortung der Textilhersteller bezüglich ihrer Pflichten verändert. Sie werden nun auch zu Distributoren von Elektronik. Welche Auswirkung dies genau auf die Hersteller hat, ist noch nicht klar. Die Richtlinie zur Beschränkung

der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten der Europäischen Kommission (RoHS-Richtlinie) verlangt, dass der Hersteller Regeln für den Einsatz gefährlicher Stoffe in der Elektronik einhält und Anforderung an die CE-Kennzeichnung dieser Stoffe erfüllt. Zusätzlich legt die Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE-Richtlinie) u.a. Regeln zur Entsorgung für Elektronik fest. Diese Regularien scheinen auch den Einsatz von RFID-Chips in Textilien zu betreffen. Jedoch besteht noch die Frage, ob für ein Produkt, bei dem elektronische Komponenten einen so geringen Anteil ausmachen, besondere Ausnahmen gemacht werden (Englund et al. 2017, S. 48). Abbildung 10 fasst die zuvor vorgestellten Punkte in einer SWOT-Analyse zusammen.

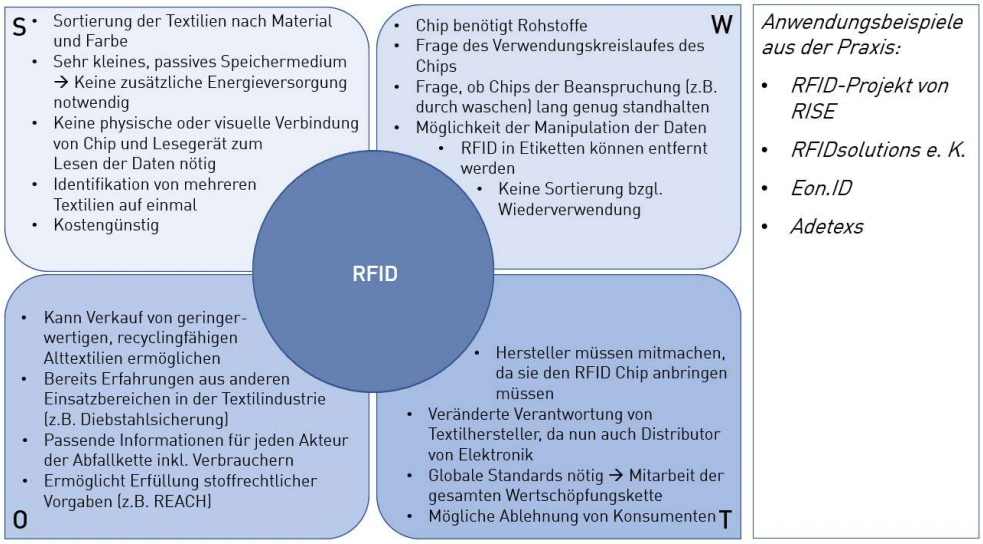



Abbildung 10: SWOT-Analyse RFID

(Eigene Abbildung)

## Marker-Technologie auf Materialebene

Eine weitere Technologie, mit deren Hilfe die Daten über Materialien und Substanzen in Textilien entlang der Wertschöpfungskette weitergegeben werden können, ist die Marker-Technologie auf Materialebene. Diese Technologie basiert auf anorganischen Farbpigmenten, welche in die Struktur der Materialien eingearbeitet sind. Für diese Farbpigmente müssen keine kritischen Rohstoffe verwendet werden. Unterschiedliche Anordnungsmuster sowie Größen der Farbpigmente bilden einen einzigartigen Fingerabdruck und können somit produktbezogene Informationen entlang der Lieferkette übermitteln. Die Pigmente sind nahezu unzerstörbar und chemisch inert, wodurch die Identifikation der Stoffe auch nach einer Nutzungsphase durch den Sortierer oder Recycler ausgelesen werden können. So kann, mithilfe des Fingerabdrucks, das Sortier- und das Recyclingunternehmen das Textil identifizieren und die dazugehörigen Material- und Substanzdaten von einer Datenbank ermitteln. Auch Informationen

bezüglich Chemikalien können die Akteure so weitergegeben und dadurch die Konformität mit stoffrechtlichen Anforderungen (z.B. REACH) erfüllen. Dabei gewährleistet die individuelle Anordnung einen hohen Sicherheitsgrad und kann nicht vervielfältigt werden.

Bei dieser Technologie besteht die Möglichkeit das gesamte Produkt zu markieren oder jeweils eine Markierung pro Material zu erstellen. Eine andere Möglichkeit bietet die Einarbeitung der Farbpigmente mittels eines Fadens. Dieser ist in das Produkt am Saum oder Etikett eingenäht und kann als Informationsträger dienen (RASUM-Praxisprojekt 2020, S. 132–133; Tailorlux GmbH 2019, S. 6). Die Auslesung der Informationen erfolgt dann mithilfe eines Sensors in der Sortier- bzw. Recyclinganlage. Dabei muss das Scangerät genau die Stelle treffen, an der sich die Pigmente befinden, um die Produkte zu identifizieren. Die Notwendigkeit von speziellen Scangeräten schließt auch aus, dass die Marker-Technologie zur Information und für Marketingzwecke bei Konsumenten verwendet werden kann (RASUM-Praxisprojekt 2020, S. 133).

Ein zusätzlicher Nachteil entsteht, da die eingespritzten Pigmente nicht wiederverwertet werden können. Auch der weitere Gebrauch des Materials, in dem die Pigmente sitzen, ist aufwendig, da diese erst aus den Fasern herausgelöst werden müssen (RASUM-Praxisprojekt 2020, S. 133).

Zuletzt wird auch für diese Technologie ein internationaler Standard benötigt, da alle Hersteller, die gleiche Art der Marker-Technologie nutzten müssen, damit sie von den Sortierern und Recyclern auslesbar ist. Dabei bleibt die Frage offen, ob die Hersteller bereit sind den größeren Aufwand zu betreiben und den Marker auf den Textilien anzubringen. Die Ergebnisse der eben beschriebenen SWOT-Analyse sind noch einmal in Abbildung 11 zusammengefasst.

Abbildung 11: SWOT-Analyse Marker-Technologie auf Materialebene

(Eigene Abbildung)

### Fazit

Das MDS ermöglicht den Akteuren der Wertschöpfungskette, die Informationen über das Produkt, z. B. bezüglich Materialien und eingesetzten Substanzen zu sammeln und entlang der Wertschöpfungskette zu teilen. Das System beschreibt eine Möglichkeit für die Akteure nicht nur heute, sondern auch in Zukunft „compliant" in Bezug auf rechtliche Vorgaben für Stoffe in Erzeugnissen zu sein. Aus diesem Grund scheint es von großer Bedeutung, dass die Akteure ein solches System für Textilien einsetzen. Damit dies passieren kann, ist jedoch die Arbeit der Akteure der Produktionsstufen nötig. Für die restlichen Akteure der Abfallkette entsteht bei der Einführung eines MDS kein großer Aufwand, im Gegenteil, sie können von einem solchen System nur profitieren. Gerade die Recycler und Sortierer können jedoch durch eine Zusammenarbeit mit den Akteuren der Produktionsstufe die Inhalte eines MDS so formen, dass es kreislauffähige Geschäftsmodelle in der Abfallwirtschaft unterstützt.

Um die Daten eines MDS den Textilien auch in der Abfallbehandlung zuordnen zu können, benötigt es einen UPI. Dabei stellt die RFID-Technologie eine einfache, kostengünstige Technologie zur Weitergabe von Informationen dar. Bedenken bestehen jedoch noch bei dem Einsatz von Ressourcen, welche auch wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden müssen, bei der Manipulationssicherheit und bei der Unsicherheit bezüglich neuer Regulierungen im Elektronikbereich. Auch die Marker-Technologie kann helfen Produkte mit relativ geringem technischem Aufwand zu markieren. Jedoch ist die Technologie noch nicht vollkommen ausgereift und bringt zurzeit noch einige Fragen mit sich. So z.B. das Recycling der Pigmente und der Materialien auf die die Pigmente aufgetragen sind. Da am Ende nur ein einheitliches System einen Mehrwert für die Akteure des Wertschöpfungskreislaufes darstellt, bleibt abzuwarten, welche dieser Technologien sich am Ende durchsetzt.

## *4.1.2* Sortiertechnologien

Ansätze im Bereich Sortiertechnologien untersuchen Möglichkeiten, wie der Sortierer seine Prozesse verbessern und dadurch die CE unterstützen kann. Technologien in diesem Bereich stellen die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) und das Hyperspectral Imaging (HI) dar.

### Nahinfrarotspektroskopie

NIRS ist eine Form der Infrarotspektroskopie (IR, für Infrared). Diese nutzt die Eigenschaften von reflektiertem Licht zur schnellen Identifizierung verschiedener Arten von Textilfasern (Englund et al. 2017, S. 15–16). Textilmaterialien bestehen aus organischen Verbindungen, welche Licht im infraroten Wellenbereich absorbieren. Dabei absorbiert jede Faserart je nach Material und Zusammensetzung einen anderen Wellenbereich. Hierdurch entsteht für jedes Material ein individuelles Spektrum. Die automatische Identifizierung basiert nun auf

dem Vergleich des Wellenspektrums des zu sortierenden Fasermaterials mit einem bekannten Fasermaterial mithilfe eines NIR-Sensors. Dazu benötigt der Sensor Kontrollproben. In der Regel werden deswegen Faserproben gesammelt, gemessen und ihre Spektren in einer Bibliothek zusammengestellt. Die Erstellung der Bibliothek ist dabei mit erhöhtem Aufwand verbunden (Heikkilä et al. 2019, S. 29; Wedin et al. 2017, S. 4). Ist die Kalibrierung jedoch erst einmal eingerichtet, ist die Identifikation von Fasern und Fasermischungen durch diese Art der Spektroskopie sehr zuverlässig (Heikkilä et al. 2019, S. 29). Eine Sortierung nach anderen Materialien oder anderen Materialzusammensetzungen in Gemischen außerhalb der in der Bibliothek eingepflegten Kategorien ist jedoch nicht möglich. Dadurch können eventuell nicht alle Gemische anteilsgenau sortiert werden (Heikkilä et al. 2019, S. 29). Die wirkliche Aufteilung der Textilien nach Materialfraktionen erfolgt in einer automatischen Sortierlinie meist mithilfe von Luftdruck (Wedin et al. 2017, S. 4–5).

Diese Technologie findet bereits heute in einigen Industrien Anwendung. Die Lebensmittelindustrie nutzt IR z.B. zur Qualitätskontrolle. Zusätzlich wird IR bereits zur Identifikation verschiedener Materialien in Recyclingprozessen genutzt. Hiervon kann das Textilrecycling profitieren und die Erfahrungen aus den anderen Industrien bei der Einführung der Technologie nutzen. Die Textilbranche verwendet in ihren bisherigen Projekten (siehe Tabelle 12 im Anhang) vor allem NIR-Sensoren, welche mithilfe von kurzwelligem Infrarotlicht Materialien identifizieren (Englund et al. 2017, S. 15–16). Die Technologie des Fibersort-Projektes ist sogar zum jetzigen Zeitpunkt schon für Sortierunternehmen zu erwerben (Van Duijin und Papú Carrone 2020).

Bei der Textilsortierung können NIR-Sensoren im Rahmen des zweiten Sortierschrittes zum Einsatz kommen. NIR-Sensoren können nicht identifizieren, inwieweit sich ein Alttextil noch zur Wiederverwendung eignet. Sie können aber das Material und die Farbe erkennen und somit dazu beitragen, dass das Textil dem richtigen Recyclingverfahren zugeführt wird. Durch dieses Verfahren können die Sortierer auch die Alttextilien verkaufen, welche eine geringwertige Qualität aufweisen und sich deswegen nicht für andere höherwertige Abfallbehandlungen eignen. Dies ermöglicht ihnen zusätzliche Erlösströme (Kamppuri et al. 2019, S. 6–7; Van Duijin und Papú Carrone 2020).

Dabei können Sortierlinien mit NIR-Sensoren Sortiergeschwindigkeiten von bis zu einem Kleidungsstück pro Sekunde erreichen. Sie sind somit deutlich schneller als manuelle Sortierer, die sechs Sekunden für ein Kleidungsstück benötigen. Der begrenzende Faktor in der Geschwindigkeit von NIR-Sortierlinien ist dabei nicht der Sensor selbst, welcher nur Millisekunden für die Identifikation benötigt, sondern die Materialsortierung mit Druckluft und die Zuführung der Materialien zur Identifizierung. Da der Sensor nur ein Textilstück auf einmal identifizieren kann, müssen die Alttextilien entweder mit maschineller Hilfe oder durch den Einsatz von Personal zugeführt werden. Neben den Arbeitsplätzen

für die Steuerung und Instandhaltung der Sortierlinie, entstehen so auch weitere Arbeitsplätze für die Zuführung an Material. Gleichzeit fallen jedoch auch die Arbeitsplätze weg, die sonst für die händische Sortierung der zum Recycling bestimmten Textilien benötigt werden. Es ist damit zu rechnen, dass durch eine Umstellung auf eine (halb-) automatische Sortierung mit Sensoren mehr Arbeitsplätze wegfallen, als geschaffen werden. Wobei der Wegfall der Arbeitsplätze vor allem den geringqualifizierten Beschäftigungsbereich betrifft (Wedin et al. 2017, S. 4–5; WRAP et al. 2019, S. 47).

Ein weiterer Vorteil des NIR-Sensors ist, dass er eine kontaktlose Sortierung ermöglicht, bei der das Material nicht zerstört werden muss (Heikkilä et al. 2019, S. 6; Kamppuri et al. 2019, S. 6). Die kontaktlose Sortierung klappt jedoch nur auf relativ kurze Distanzen (10-20 cm). Größere Distanzen führen zu einer schlechteren Identifikation der Spektren, wodurch sich die Fehlerquote erhöht. Eine zusätzliche Einschränkung entsteht, da die Sensoren nur dünne Materialien durchdringen können, weswegen bei den meisten Textilien nur die äußeren Bereiche des Textils gescannt werden. Da aber nur die gescannte Seite die Zuordnung des gesamten Textils bestimmt, kann es hier zu Fehlsortierungen kommen. Aus diesem Grund eignen sich NIR-Sensoren nur für die Sortierung von Monomaterialien (Wedin et al. 2017, S. 4–5). Zusätzlich können auch Probleme bei der Sortierung nach Farben entstehen, da die Farbe des gescannten Bereichs nicht mit der Farbe des restlichen Kleidungsstücks übereinstimmen muss. Deswegen und weil es deutlich günstigere Alternativen gibt, werden zur Sortierung von Farben meist andere Sensoren eingesetzt (WRAP et al. 2019, S. 30). Neben der Materialdicke ist auch Feuchtigkeit oder Nässe in den Materialien ein Störfaktor, der die Richtigkeit des Sortierergebnisses beeinflussen kann (Kamppuri et al. 2019, S. 6–7).

Die Industrie hat bisher noch Bedenken hinsichtlich der Kosten-/Nutzen-Überlegungen bei der Einführung der Maschinen, da sie diese mit hohen Investitionskosten verbindet. Jedoch sollte in die Überlegung mit einbezogen werden, dass der Verkaufswert sortierter Materialien, bei denen die Faserkomposition bekannt ist, wächst. Dadurch und durch sinkende Kosten für die Sortierung, vor allem durch minimierte Personalkosten, könnte so auch der Verkauf von geringwertigen recyclingfähigen Alttextilien lohnenswert werden (WRAP et al. 2019, S. 47). Kritisch für den Erfolg der NIR-Technologie bei der Sortierung von Alttextilien ist die Entwicklung des Marktes der Sortierfraktionen. Zurzeit ist der Markt für die Sortierfraktionen, die durch die NIR-Technologie entstehen, zu gering. Auch die Spezifikationen des Marktes, welche exakten Sortierfraktionen benötigt werden, sind noch nicht ermittelt. Nur wenn diese in Kooperation mit den Abnehmern der Sortierfraktion entstehen, wird sich die NIR-Technologie durchsetzen können (Van Duijin und Papú Carrone 2020). Abbildung 12 fasst die Ergebnisse der SWOT-Analyse zusammen.

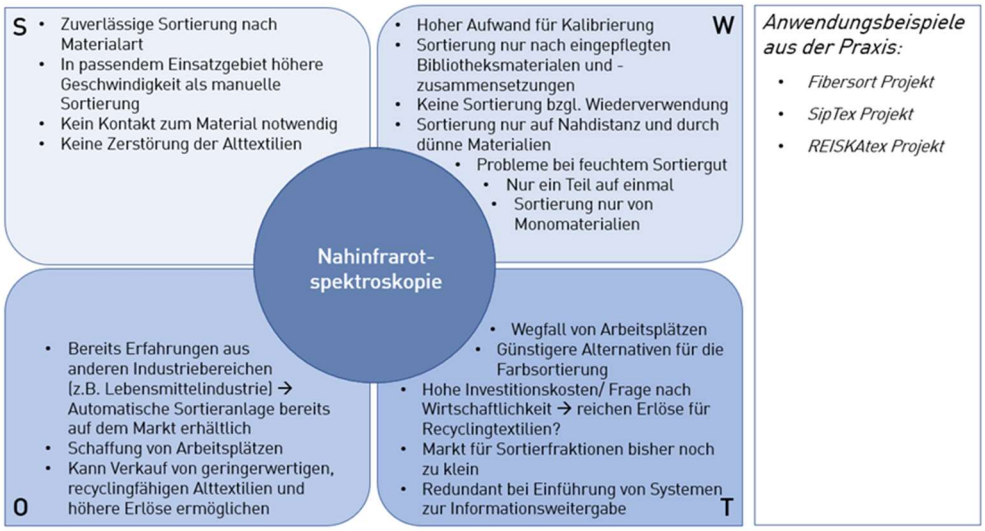



Abbildung 12: SWOT-Analyse Infrarotspektroskopische Methoden

Eigene Abbildung

### Hyperspectral Imaging

Das Hyperspectral Imaging (HI) ist eine Technologie, die die Geschwindigkeit und Auflösung einer Kamera mit der Signalauflösung von Spektrometern kombiniert. Dabei können nicht nur, wie bei IR, das NIR-Spektrum miteinbezogen werden, sondern ein breiterer Wellenlängenbereich inklusive zusätzlich des visuellen Spektrums. Bisher wird diese Methode erfolgreich bei der Sortierung von Mineralien, Papier und Kunststoffen eingesetzt (Englund et al. 2017, S. 18). Im Bereich Textilien gab es bisher nur eingeschränkte Tests mit einer begrenzten Anzahl an Textilproben. Um jedoch einschätzen zu können, inwieweit sich diese Technologie für das Textilrecycling eignet, sind Tests mit einem breiteren Spektrum an textilem Probematerial erforderlich. Bisher gibt es jedoch kaum schnelle, kompakte und kosteneffiziente Geräte, die für den normalen Industriebetrieb in Frage kommen. Die Geräte, welche in den Tests für den Sortierbetrieb entwickelt wurden, erreichten nur Sortiergeschwindigkeiten von 1 Kleidungstück pro 10 Sekunden. Der Ablauf der Sortierung ist dabei dem einer Sortierlinie mit NIR-Sensor gleich. Die Textilien müssen separat angedient werden, damit der Scanner sie einzeln scannen kann, und werden dann mithilfe von Druckluft in die passenden Behälter sortiert. Ein Vorteil von HI ist, dass es die Möglichkeit bietet, die Textilien, ohne den Einsatz eines zusätzlichen Sensors, nach Farben zu sortieren, da dieser Farben genauer identifizieren kann als die NIR-Technologie (Blanch-Perez-del-Notario und Lambrechts 2016, S. 1–2). Die Ergebnisse der eben beschriebenen SWOT-Analyse sind in Abbildung 13 zusammengefasst.

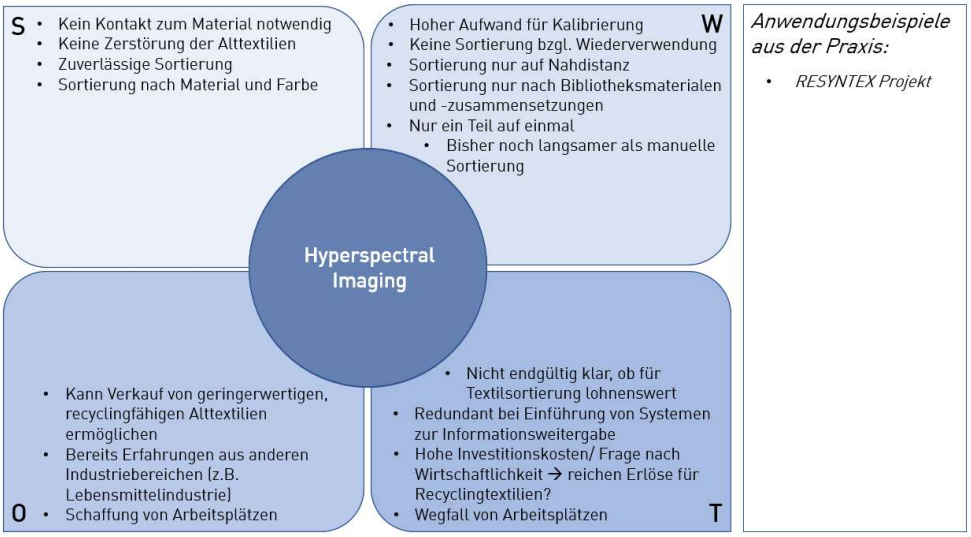



Abbildung 13: SWOT-Analyse Hyperspectral Imaging

Eigene Abbildung

### Fazit

Die Analyse zeigt, dass die NIR-Technologie schon jetzt eine gute Alternative sein kann, um die Sortierung der Alttextilien zu verfeinern und so ein besseres Recycling von Alttextilien ermöglichen kann, welche nicht zur Wiederverwendung geeignet sind. Der Reifegrad der Innovation lässt den Einsatz einer solchen Technologie in der Praxis sehr wahrscheinlich wirken. Im Gegensatz dazu benötigt HI eine geeignete Weiterentwicklung. Dann könnte auch diese Innovation ein Verfahren sein, welches in Zukunft das Sortieren der Textilien nach Material und Farbe automatisieren und effektiver machen könnte.

## *4.1.3* Recyclingtechnologien

Ein weiterer Punkt, an dem Innovationen ansetzten können ist der Bereich Recycling. Hier werden neue Technologien benötigt, um ein vollständiges Faser-zu-Faser-Recycling aller Textilien zu ermöglichen. Dieser Abschnitt stellt die Innovationen des biochemischen Recyclings und des chemischen Recyclings von Mischmaterialien vor.

### Biochemisches Recycling

Eine besondere Art der rohstofflichen Verwertung ist die enzymatische Verwertung von Textilien. Enzyme sind Biokatalysatoren, die chemische Reaktionen ermöglichen bzw. deren Geschwindigkeit erhöhen. Sie sind sehr selektiv, so dass sie nur auf bestimmte Substrate wirken und nur bestimmte Produkte erzeugen (Palmer 2001). Enzyme sind Proteine und werden von lebenden Organismen

synthetisiert. Cellulase, ein Enzym, das an der Cellulosehydrolyse beteiligt ist, kann beispielsweise von mehreren verschiedenen Organismen sowohl in der Kategorie der Pilze als auch der Bakterien synthetisiert werden (Liu und Kokare 2017). Beim biochemischen Recycling können nun Mischmaterialien mithilfe von Enzymen aufgespalten werden. Mit der enzymatischen Hydrolyse kann Baumwolle (Cellulose) zu Zucker (Glucose) zersetzt werden. Nach der Reaktion entstehen also PET-Fasern und eine Zuckerlösung. Die PET-Fasern können geschreddert, kondensiert und zu neuen Polyesterfasern verarbeitet werden. Dadurch können auch Mischmaterialien in einem Recyclingprozess Verwendung finden und als Polyesterfasern in neuwertiger Qualität weiterverkauft werden. Nachteilig ist, dass die Baumwolle des Polycotton-Mischgewebes nicht zurückgewonnen werden kann (Piribauer und Bartl 2019, S. 116–117).

Dabei ist der Prozess bei dieser Recyclingform ein geschlossener Kreislauf. Dies bedeutet, die Enzyme werden im Kreislauf geführt und können immer wieder verwendet werden. Da das biochemische Recycling bisher nur in kleinem Labormaßstab getestet wurde, besteht noch eine große Unsicherheit bezüglich der Rentabilität dieses Prozesses. Fraglich ist vor allem, ob die Enzyme schnell genug arbeiten, um einen so hohen Output zu erzeugen, dass sich der Prozess wirtschaftlich lohnt. Zusätzlich stellt sich noch die Frage, ob die Nachfrage nach den Prozessoutputs groß genug ist. Abbildung 14 zeigt eine Zusammenfassung der eben beschriebenen SWOT-Analyse.

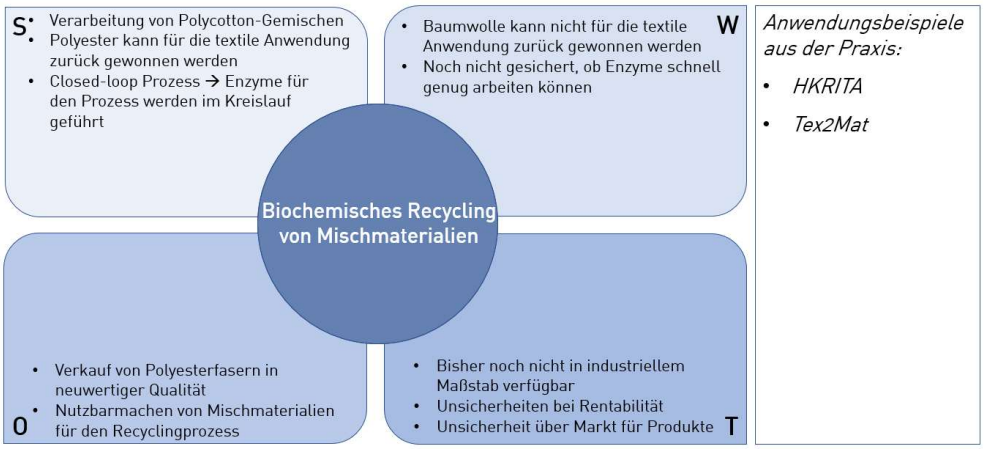



Abbildung 14: SWOT-Analyse biochemisches Recycling von Mischmaterialien

Eigene Abbildung

### Chemisches Recycling von Mischmaterialien

Die grundlegende Funktionsweise von chemischem Recycling beschreibt diese Arbeit bereits in Abschnitt 3.1. Der innovative Ansatz setzt da an, wo das chemische Recycling auch für Mischmaterialien genutzt werden kann. Hierzu gibt es bereits einige chemische Verfahren, bisher jedoch noch nicht im industriellen

Maßstab, die auch gemischte Materialien behandeln können. Innovativ auf diesem Bereich sind auch die Ansätze, welche synthetische Fasern auf Polymerebene recyceln können, was im Vergleich zu früheren Ansätzen Energie einspart.

Auch bei diesen Verfahren müssen in einem ersten Schritt alle festen Bestandteile (z.B. Reißverschlüsse, Knöpfe, etc..) entfernt werden. Im nächsten Schritt werden die Textilien gewaschen. Dazu müssen die Polyesterfasern aufquellen, um kleine Molekülverunreinigungen wie Farbstoffe, Chemikalien zur Veredelung usw. auszuwaschen. Auch Verunreinigungen durch andere Polymere wie Polyurethan und Zelluloseacetat werden in dieser Phase ausgewaschen und bleiben als Abfallfraktion im Prozess zurück. Nach dem Waschen bleibt das mit Lösungsmittel gesättigtes Poly-Baumwolle-Gemisch übrig. Zum Rauslösen des Polyesters wird die Mischung erhitzt. Bei einer bestimmten Temperatur löst sich der Polyester in der Lösung auf. Die Baumwolle bleibt als Feststoff zurück. Eine Filtration trennt dann die Baumwolle und das Gemisch aus Polymer und Lösungsmittel. Nach dem Abtrennen des Lösungsmittels vom Polymer, muss dieses noch in die richtige Molekulargewichts-Verteilung gebracht werden. Zurück bleiben Polymerpellets, die mithilfe der bestehenden Infrastruktur in Polyesterfasern gesponnen werden können. Die Qualität der Pellets entspricht der von „frischen" Polyesterpellets. Gleichzeitig werden die festen Baumwollfasern mit einer ionischen Flüssigkeit aufgelöst. Das daraus entstandene Viskosegemisch kann dann zu einem Zellstoff verarbeitet werden, welcher wiederum mithilfe von bestehenden Zellulosefaser-Sinnverfahren zu z.B. Viskose oder Lyocell weiterverarbeitet werden kann. Alle Chemikalien, die in den Prozessen verwendet werden, werden im Kreislauf geführt und in eigenen Systemen regeneriert (Notman 2020; WRAP et al. 2019, S. 23–24; RASUM-Praxisprojekt 2020).

Problematisch stellen sich die Prozesse im Fall eines zu hohen Anteils an Verunreinigungen dar (z.B. größer als 20% bei WornAgain), da dies den Prozess hemmt und unrentabel macht. Doch es wird erwartet, dass die Verfahren zunehmend toleranter gegenüber anderen, nicht zellulosehaltigen Stoffen werden. So zeigen sich bereits einige entwickelte Verfahren tolerant gegenüber Gemischen mit Elasthan (WRAP et al. 2019, S. 26).

Obwohl es nur wenige Informationen über die finanziellen Aspekte von chemischem Recycling von Mischmaterialien gibt, scheinen die verfügbaren Daten zu zeigen, dass es innerhalb bestimmter Kosten- und Preisbereiche finanziell tragfähig sein kann. Vor allem in den Anfangsphasen können Probleme, vornehmlich durch den hohen Energieverbrauch, auf die Anwender zukommen. Jedoch scheint das chemische Recycling, nach jetzigem Kenntnisstand, eine lohnende Investition zu bleiben. Die finanzielle Rentabilität des Prozesses hängt jedoch von den Rohstoffpreisen, der Anzahl der produzierten Outputs, je nachdem, was aus dem Prozess zurückgewonnen werden kann, und dem Verkaufspreis des Auflösungszellstoffs und der Polymerpellets ab. Des Weiteren stellt sich

auch noch die Frage, wie groß die Nachfrage nach den Outputs dieses Prozesses wirklich sein wird (WRAP et al. 2019, S. 50).

Eine Frage, die sich bei der Untersuchung des chemischen Recyclings stellt, ist die, ob diese Technologie aus Sicht einer Ökobilanz tatsächlich besser ist, als die Nutzung von Frischmaterialien. Gerade aufgrund des hohen Energieverbrauchs, sollte diese Frage geklärt werden, bevor eine solche Anlage errichtet wird. Ein erstes durchgeführtes Life-Cycle-Assessment zeigt, dass das chemische Recycling unter gewissen Rahmenbedingungen eine positive Ökobilanz haben kann im Vergleich zu Frischfasern. Die Autoren machen jedoch auch deutlich, dass dieses Assessment nur für diesen bestimmten Fall gilt. Bei der Einführung des chemischen Recyclings auf industriellem Maßstab sind jedoch dringend weitere Analysen nötig (Peters et al. 2019). Eine Zusammenfassung der zuvor beschriebenen SWOT-Analyse findet sich in Abbildung 15.

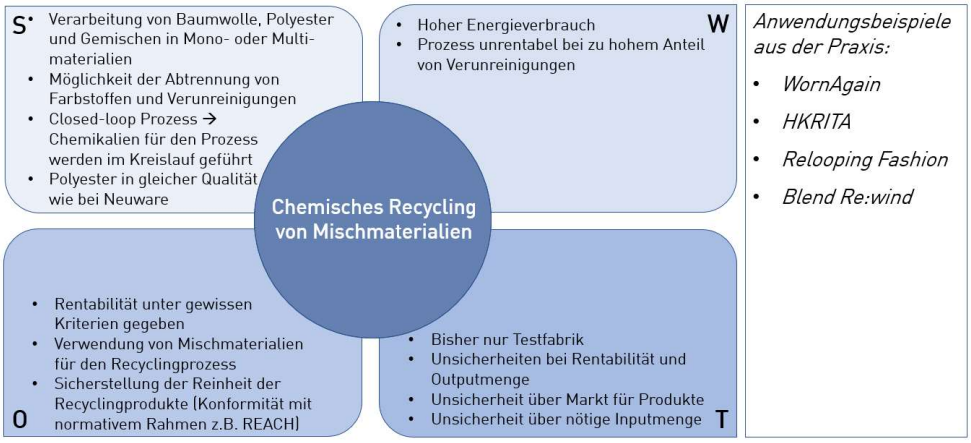



Abbildung 15: SWOT-Analyse chemisches Recycling von Mischmaterialien

Eigene Abbildung

## Fazit

Abschließend lässt sich festhalten, dass das biochemische Recycling noch am Anfang der Entwicklung steckt und dementsprechend auch noch viele Probleme aufweist. Vor allem die Schnelligkeit der Enzyme stellt die Wissenschaft vor die Frage, ob diese Technologie in wirtschaftlicher weise betrieben werden kann. Aus diesem Grund ist es fragwürdig, ob und wenn ja wann diese Technologie Marktbereit werden wird. Anders das chemische Recycling von Mischmaterialien. Diese Technologie ist in ihrer Entwicklung bereits relativ weit fortgeschritten und ihre Marktreife wird bereits für die nächsten Jahre erwartet. Trotzdem gibt es natürlich gewisse Einschränkungen, die auch durch das chemische Recycling zurzeit noch nicht gelöst werden können. So kann dieser Prozess nur Polycotton-Gemische recyceln und auch bezüglich der Energie- und

der Stoffbilanz stellt sich die Frage, wie umweltfreundlich dieser Prozess tatsächlich ist. Trotz alledem wird erwartet, dass diese Technologie bereits bald Einzug in die abfallwirtschaftliche Behandlung von Textilien finden wird.

## 4.2
## Eignung der innovativen Ansätze als Grundlage für zukünftige abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle

Abschließend lässt sich sagen, dass viele der innovativen Ansätze früher oder später eine Rolle bei der abfallwirtschaftlichen Behandlung von Textilien spielen können. Jedoch eignen sich nicht alle vorgestellten Innovationen als Grundlage für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle.

Das MDS stellt zusammen mit einem UPI eine Innovation dar dessen Einführung unvermeidlich für einen Übergang zu einem Wertschöpfungskreislauf erscheint. Jedoch stellt diese Innovation keine Grundlage für ein zukünftiges abfallwirtschaftliches Geschäftsmodell dar. Der Impuls zur Einführung eines solchen Systems muss vielmehr von den Akteuren der Produktionsprozesse kommen. Jedoch bleibt für die Akteure der Abfallwirtschaft die Frage, in wie weit sie die Informationsweitergabe unterstützen können und wie sie ihre Expertise in den Entstehungsprozess eines solchen Systems einbringen können. Für die Akteure der Sortierprozesse ist es wichtig, unabhängig von einem MDS, Geschäftsmodelle zum Verbessern des Sortierprozesses einzuführen. Dabei zeigt die Analyse, dass die NIR-Technologie schon jetzt eine Innovation darstellt, auf dessen Grundlage die Akteure neue Geschäftsmodelle entwickeln können. Auch die Recyclingtechnologien eignen sich als Grundlage für zukünftige abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle. Dabei zeigt die Analyse, dass sich das chemische Recycling gegenüber dem biochemischen Recycling in einem weiteren Entwicklungsstadium befindet.

# 5
# Neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle für Textilien

Will man das Delta schließen, stellt sich die Frage, wie realistische Geschäftsmodelle nach den Kriterien in Richtung CE für das Zieljahr 2025 aussehen können.

Hierbei kommen, aufbauend auf den untersuchten innovativen Ansätzen, drei Geschäftsmodelle für das Zieljahr 2025 in Betracht, welche die abfallwirtschaftliche Behandlung von Textilien im Rahmen der CE verbessern sollen. Hierfür beschreibt dieses Kapitel in Abschnitt 5.1 die Methodik, auf der die Ausarbeitung der Geschäftsmodelle beruht. Abschnitt 5.2 stellt die drei erarbeiteten Geschäftsmodelle vor und bewertet diese Mithilfe der Kriterien für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung CE (siehe Abschnitt 2.4). Die drei Geschäftsmodelle bilden die Felder ab, in denen zuvor die innovativen Ansätze identifiziert wurden: Informationsaustausch, Sortierung und Recycling. Zuletzt zieht Abschnitt 5.3 ein Fazit und beurteilt, ob sich die erarbeiteten Modelle tatsächlich als realistische Geschäftsmodelle in Richtung CE eignen.

## 5.1
## Experteninterviews als Informationsquelle

Leitfadengestützte Interviews bieten die Gelegenheit, die vorgenannten Geschäftsmodelle zu verfeinern und an die berufliche Praxis anzupassen. Der folgende Abschnitt 5.1.1 beschreibt die methodischen Grundlagen. Abschnitt 5.1.2 erläutert die Auswertung der Experteninterviews.

### *5.1.1*
### Methodische Grundlage und Umsetzung

Leitfragengestützten Experteninterviews nach Gläser und Laudel 2010 ermöglichen systematisierende Experteninterviews (Bogner und Menz 2009, S. 64). Ein Leitfaden strukturiert den Interviewverlauf. Dieser Leitfaden enthält Pflichtfragen, welche die Schlüsselthemen abdecken. Dabei kann der Fragende die Reihenfolge der Fragen im Leitfaden und die Formulierung, je nach Situation, variieren. Zusätzlich kann er bei Bedarf Nachfragen stellen (Gläser und Laudel 2012, S. 42). Der Leitfaden dieser Untersuchung, ausgerichtet an den Empfehlungen von Gläser und Laudel 2010, ist in Anhang 2 zu finden. Den Kern bilden die drei erarbeiteten Geschäftsmodelle, welche in einem ersten Schritt grob ausgearbeitet wurden. Fünf Hauptfragen dienen dazu, diese an die berufliche Praxis anzugleichen. Zusätzlich führt der Leitfaden Vorschläge zu optionalen Nachfragen, welche die Ausarbeitung der Geschäftsmodelle und deren Rahmenbedingungen konkretisieren. Da zwei der Befragten keine Möglichkeit für ein mündliches Interview hatten, erhielten diese den Interviewleitfaden schriftlich. Optionale Nachfragen und ein genaueres Eingehen auf die Antworten waren jedoch trotzdem, in schriftlicher Form möglich. Dadurch wurde das Verfahren eines leitfragengestützten Experteninterviews schriftlich nachgestellt.

Die ausgewählten Experten haben Know-How in einem bestimmten, klar abgesteckten Fachgebiet. Sie zeichnen sich somit durch ein detailliertes Spezialwissen aus, welches für den Untersuchungsgegenstand relevant ist (Gläser und Laudel 2012, S. 12). Die Experteninterviews machen sich dies zunutze und versuchen dieses Wissen systematisch zu identifizieren und zu erschließen (Bogner und Menz 2009, S. 65; Gläser und Laudel 2012, S. 43). Dadurch herrscht ein klar begrenzter Bezugsrahmen in dem sich der Interviewpartner bewegt, wenn er aus seiner persönlichen Perspektive berichtet (Gläser und Laudel 2012, S. 117). Diese Arbeit wählt Interviewpartner, welche mit der abfallwirtschaftlichen Behandlung von Alttextilien in ihrer beruflichen Praxis konfrontiert sind und somit als Zielgruppe für die erarbeiteten Geschäftsmodelle gelten. Eine Internetrecherche identifiziert dabei die in Frage kommende Experten mit Schlüsselpositionen in der Textilabfallbranche. Auf Grundlage dieser Recherche konnten vier Interviewpartner gewonnen werden. Dabei konnte die Autorin neben Mitarbeitern aus international und national tätigen, größeren Textilsortier- und Recycelunternehmen auch einen Mitarbeiter des Bundesverbandes für Sekundärrohstoffe und Entsorgung befragen. Dieser befasst sich im Rahmen seiner Arbeit im Verband mit dem Thema Textilrecycling. Die Geschäftsmodelle, zu denen die einzelnen Interviewpartner befragt wurden, orientieren sich dabei an der beruflichen Praxis der einzelnen Akteure. So lässt das Interview mit dem Mitarbeiter des Unternehmens, welches nur für das Sortieren von Alttextilien zuständig ist, das Geschäftsmodell zum Thema Recycling aus. Alle Interviewpartner bestanden darauf, dass ihre Anonymität gewahrt bleibt.

Die in Anhang 3 bis 6 befindlichen Protokolle der Interviews und Fragebögen bilden das vorläufige Ergebnis der Expertenbefragungen. Diese sind zum einen aus den Transkripten, als auch aus den schriftlichen Antworten und Notizen entstanden.

### *5.1.2*
### Auswertung der Experteninterviews

Um die Experteninterviews auszuwerten, bedient sich diese Arbeit des Verfahrens der qualitativen Inhaltsanalyse nach Gläser und Laudel, 2010. Diese Analyse sieht die Texte der Interviews als Material, welches Daten enthält. Ein Suchraster, welches sich aus verschiedenen Kategorien zusammensetzt, hilft, die relevanten Rohdaten aus dem Text zu entnehmen. Die Erstellung dieses Kategoriensystems erfolgt zwar im Voraus, lässt sich jedoch auch zu einem späteren Zeitpunkt anpassen und erweitern (Gläser und Laudel 2012, S. 47, 2012, S. 199). In dieser Analyse teilen sich die Kategorien in zwei Ebenen auf, welche in Tabelle 3 dargestellt sind. Die Themen der Hauptkategorie sind dabei am Interviewleitfaden angelehnt. Zusätzlich verfeinern die einzelnen Unterkategorien diese Themen.

Tabelle 3: Kategorien zur Auswertung der Experteninterviews

| Hauptkategorien | Unterkategorien |
|---|---|
| **Erweiterung Canvas** | Schlüsselpartner<br>Schlüsselaktivitäten<br>Schlüsselressourcen<br>Beitrag zu Nachhaltiger Entwicklung<br>Sicherung Wettbewerbsvorteil<br>Kundenbeziehung<br>Kanäle<br>Kundensegmente |
| **Wirtschaftlichkeit** | Kostenstruktur<br>Erlösstruktur |
| **Erfolgsfaktoren** | Normativ<br>Marktlich<br>Verhalten Akteure |
| **Normative Änderungen** | Global<br>EU<br>Deutschland |

In einem ersten Schritt werden die Daten den einzelnen Kategorien zugeordnet. Anschließend fasst eine Aufbereitung die geordneten Daten zusammen und prüft diese auf Redundanzen und Wiedersprüche. Das daraus folgende Ergebnis stellt eine strukturierte Informationsbasis dar, welche sich weiter auswerten lässt (Gläser und Laudel 2012, S. 202).

## 5.2 Vorstellung und Bewertung der abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodelle

Aufbauend auf den Experteninterviews beantwortet dieser Abschnitt die Frage: „Welche abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodelle sind unter den gegebenen (Zieljahr 2025) Randbedingungen für das Zieljahr möglich?“ Hierfür stellt diese Arbeit drei Geschäftsmodelle aus drei unterschiedlichen Themenfeldern der abfallwirtschaftlichen Behandlung von Textilien vor. Die Skizzierung der einzelnen Geschäftsmodelle erfolgt mittels des Business Model Canvas nach Osterwalder und Pigneur, 2011. Dieser stellt eine Übersicht mit mehreren Feldern dar, die jeweils mit den Schlüsselfaktoren für ein Geschäftsmodell bezeichnet werden (Osterwalder und Pigneur 2011). Dabei erweitert diese Arbeit den Canvas, um ein Feld. Dieses zeigt, inwieweit das Geschäftsmodell einen Anteil zur Erfüllung von SDG 12 hat. Hierdurch soll der Beitrag des jeweiligen Geschäftsmodelles zur Nachhaltigen Entwicklung deutlich werden.

Die folgenden Abschnitte stellen nun die einzelnen Geschäftsmodelle anhand des erweiterten Business Model Canvas vor und beschreiben diese im Detail.

Zusätzlich bewerten die jeweiligen Abschnitte die Geschäftsmodelle auf ihre Eignung in Richtung CE anhand der in Abschnitt 2.4 ausgearbeiteten Kriterien.

### *5.2.1*
### Plattform für den Aufbau von Know-How und Kooperation von Sortierern, Recyclern und Designern

Tabelle 4 zeigt das erste Geschäftsmodell, welches eine Plattform für den Aufbau von Know-How und Kooperation von Sortierern und Recyclern darstellt.

Tabelle 4: Business Model Canvas Anlage für Plattform für den Aufbau von Know-How und Kooperation von Sortierern, Recyclern und Designern

Eigene Darstellung

| Plattform für den Aufbau von Know-How und Kooperation von Sortierern, Recyclern und Designern | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Schlüsselpartner** | **Schlüssel-aktivitäten** | **Beitrag zu NE (SDG 12)** | **Kundenbeziehung** | **Kundensegmente** |
| Sortierbetriebe<br>Recyclingbetriebe<br>Designer<br>Produzenten<br>Kommunen<br>Wissenschaft und Forschung | Onlineaustausch-plattform<br>Austausch zw. Sortierern, Recyclern & Designern | 12.2: Effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen<br>12.5: Abfallaufkommen verringern | Persönlicher Kontakt<br>Webpräsenz | Sortierbetriebe<br>Recyclingbetriebe<br>Verbände<br>Produktdesigner<br>Faserhersteller<br>Gewebehersteller |
| | **Schlüssel-ressourcen** | **Wettbewerbs-vorteil** | **Kanäle** | |
| | Onlineplattform<br>Kontakte von vielen Akteuren | Keine andere Plattform auf dem Markt, die den Usern dieses Know-How und Netzwerk ermöglicht | Onlineplattform<br>Webinare, Webkonferenzen<br>Präsenzveranstal-tungen | |
| **Kostenstruktur** | | | **Erlösstruktur** | |
| Entwicklung der Webseite<br>Laufende Kosten (Personal, Webseite, Miete, Energie...) | | | Monatlicher Mitgliederbeitrag<br>Beiträge Webinare, Veranstaltungen | |

Für dieses Geschäftsmodell kommen tendenziell zwei mögliche Betreiber in Frage. Zuerst ist es möglich, dass auch dieses Geschäftsmodell als neue Unternehmung gegründet wird. Als zweiter Betreiber kommt auch ein Zusammenschluss unterschiedlicher Akteure der Abfallkette in Frage. Dies können vor allem Recycler oder Sortierer sein. Jedoch ist auch die Beteiligung von Designer, Kommunen und Faser-, Garn- oder weiteren Textilherstellern denkbar. Dies hätte den Vorteil, dass sie auf ein bereits bestehendes Netzwerk zurückgreifen und auf diesem aufbauen könnten.

Ziel des Geschäftsmodells ist der Know-How-Austausch der unterschiedlichen Akteure der Abfallkette von Textilien, allen voran Recyclern und Sortieren zum Thema neue Technologien. Dabei geht es vor allem darum, dass die Recycler kommunizieren können, welche Spezifikationen und Qualitäten sie von den Materialfraktionen des Sortierers erwarten. Der Sortierer kann auf der anderen

Seite dem Recycler mitteilen, was er in der Lage ist zu leisten. Zusätzlich ist es denkbar, dass auch Designer und Hersteller von Fasern, Garnen, Stoffen und Textilien miteinbezogen werden können. Diese können sich dann über die Möglichkeiten von Recyclingfasern informieren und dabei ihre Anforderungen an die vorgeschalteten Akteure kommunizieren. Das zweite Ziel der Plattform stellt die Beratung und die Wissensvermittlung über aktuelle Technologien und Veränderungen dar.

Die Grundlage für dieses Geschäftsmodell bildet eine Webplattform. Diese besteht aus vier Bereichen:

- Austauschplattform: Auf der Austauschplattform gibt es Artikel über die neusten Entwicklungen der Mitglieder, in der Branche, der Politik, der Forschung usw. Zusätzlich können sich die Mitglieder in Foren zu unterschiedlichen CE-Themen austauschen. Außerdem stellt die Durchführung von Events einen weiteren Teil der Austauschplattform dar. Bei diesen Events, welche aus Webinaren, digitalen Round-Tables, Webkonferenzen und Präsenzveranstaltungen bestehen, kommen nicht nur die Mitglieder der Plattform zum Austausch zusammen, sie bekommen zusätzlich auch Input von Akteuren aus Forschung und Politik oder von sonstigen relevanten Wissensträgern.
- Wissensplattform: In der Wissensplattform sind aktuelle Informationen zu Technologien und den Rahmenbedingungen der CE in der Abfallphase von Textilien zusammengestellt, auf die die Mitglieder zugreifen können.
- Beratung: Das Team der Plattform berät die Mitglieder zu unterschiedlichen Themen wie neue Technologien, normative Rahmenbedingungen, Zertifizierungen, Forschungsarbeit und die Möglichkeiten, die für die Mitglieder dadurch bestehen.
- Networking: Das Team der Plattform verknüpft auf Wunsch Akteure aus Forschungsprojekten, oder -gruppen mit den Mitgliedern der Plattform, und hilft beim Start und der Finanzierungssicherung von neuen Projekten

Die Kunden der Plattform sind vielschichtig, so sind vor allem Sortier- und Recyclingbetriebe Teil der Hauptzielgruppe. Jedoch stehen auch Verbänden, Produktdesignern, Faser-, Gewebe- und Textilherstellern die Plattform offen. Dabei findet der Kontakt persönlich oder online statt, über die Plattform selbst oder bei Webinaren,-konferenzen oder Präsenzveranstaltungen.

Der Vorteil dieser Plattform ist, dass sie den Austausch zwischen den Akteuren fördert, da es bisher noch kein anderes Medium auf dem Markt gibt, welches seinen Mitgliedern dieses Know-How und ein entsprechendes Netzwerk zur Verfügung stellt, um ihre eigenen Geschäftstätigkeiten zu verbessern (Experteninterviews).

Zusätzlich leistet auch dieses Geschäftsmodell einen Beitrag zur Nachhaltigen Entwicklung, indem es einen Beitrag zur effizienten Nutzung von natürlichen Ressourcen bietet (SDG 12.2) und hilft, das Abfallaufkommen zu verringern (SDG 12.5).

Für dieses Geschäftsmodell spielt die Wirtschaftlichkeit eine Rolle. Die Kosten, setzen sich dabei aus der Entwicklung der Webseite und sonstigen laufenden Kosten wie u.a. Personalkosten, Miete, Energie, Hosting und Betreuung der Webseite zusammen. Die Erlösstruktur dieses Geschäftsmodell besteht im Gegenzug dazu aus einem monatlichen Mitgliedsbeitrag, den jedes Mitgliedsunternehmen abhängig von seiner Größe, begleichen muss, sowie den Beiträgen der Teilnehmer der Webinare und der Veranstaltungen. Tabelle 5 zeigt die Bewertung des Geschäftsmodells anhand der zuvor erarbeiteten Kriterien für Geschäftsmodelle in Richtung CE. Dabei zeigen die hervorgehobenen Tabellenfelder die Bewertung des Geschäftsmodells für jedes Merkmal. Zusätzlich zeigt die Tabelle die errechnete Bewertung des Geschäftsmodells für die einzelnen Kriterien.

Tabelle 5: Kriterien in Richtung CE angewendet auf Geschäftsmodell Know-How Plattform

| 1<br>Merkmal ist erfüllt | 2<br>Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt | 3<br>Merkmal ist nicht erfüllt |
|---|---|---|
| **Kriterium 1: Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt: 2,0)** | | |
| Merkmal: Abfallzuordnung zur Abfallhierarchie (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell dazu beiträgt, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken. | Das Merkmal ist unter Einschränkung erfüllt, wenn das Geschäftsmodell dazu beitragen kann, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken. Dieser Beitrag ist jedoch abhängig von anderen Faktoren. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell nicht dazu beiträgt, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken, sondern gleichbleiben oder erhöhen. |
| Merkmal: Sekundärrohstoffe (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen Beitrag leistet, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen Beitrag leisten kann, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. Dieser Beitrag ist jedoch abhängig von anderen Faktoren. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell keinen Beitrag leistet, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt, sondern der Anteil sinkt oder gleichbleibt. |

| **Kriterium 2: Transparenz zwischen den Akteuren ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt: 2,0)** | | |
|---|---|---|
| Merkmal: Informationsfluss | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufes weitergegeben werden. | Das Merkmal ist unter Einschränken erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen manchen Akteuren punktuell weitergegeben werden. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, sofern das Geschäftsmodell keine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren weitergegeben werden. |
| **Kriterium 3b: Schlüsselaktivität (nur für Dienstleistungen) ist <u>erfüllt</u> (Durchschnitt: 1,0)** | | |
| Merkmal: Ökologischer Verbrauch | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell seine Kunden unterstützt, Produkte zu wählen oder herzustellen, welche eine geringere Ökobilanz, als andere gleichwertige Produkte haben. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell seine Kunden nicht unterstützt, Produkte zu wählen oder herzustellen, welche einen geringere Ökobilanz als andere gleichwertige Produkte haben. |
| Merkmal: Wissensbereitstellung für die Akteure | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell seinen Kunden Wissen bereitstellt, welche sie befähigen ihre Schlüsselaktivitäten kreislauffähig zu gestalten. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell seinen Kunden Wissen bereitstellt, welche sie befähigen ihre Schlüsselaktivitäten kreislauffähig zu gestalten. |
| Merkmal: Austausch zwischen den Akteuren | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn es den Dialog zwischen den Akteuren ermöglicht oder unterstützt. | | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn es den Dialog zwischen den Akteuren nicht ermöglicht oder unterstützt. |

Das Kriterium „Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf" ist für dieses Geschäftsmodell unter Einschränkungen erfüllt. Grund hierfür ist, dass das Geschäftsmodelle seine Kunden zwar unterstützt Abfälle einem höherwertigen Recycling oder der Wiederverwendung zuzuführen und Sekundärrohstoffe zu erzeugen, jedoch den Anteil an wiederverwendeten und recycelten Textilien nicht beeinflussen kann. Hierbei ist das Geschäftsmodell auf das Verhalten seiner Kunden angewiesen.

Auch das Kriterium „Transparenz zwischen den Akteuren" kann dieses Geschäftsmodell nur unter Einschränkungen erfüllen, da es erst einmal nur Recycler, Sortierer und Designer anspricht und dadurch nicht den gesamten Wertschöpfungskreislauf abdeckt. Da das Geschäftsmodell nur die Plattform für den Informationsaustausch zur Verfügung stellt, ist die Mitarbeit der Kunden jedoch auch hier von großer Bedeutung.

Das letzte Kriterium „Schlüsselaktivität" ist durch das Geschäftsmodell erfüllt. Es erfüllt das Merkmal Verhalten der Akteure, da es seine Kunden unterstützt

Produkte herzustellen, die eine geringere Ökobilanz haben, als andere gleichwertige Produkte. Möglich wird dies, durch die Plattform des Geschäftsmodells, die einen größeren Input für Recycler ermöglicht. Diese Plattform stellt auch Wissen für die Kunden bereit, damit diese ihre Schlüsselaktivitäten kreislauffähig gestalten können. Zuletzt fördern sowohl die Plattform, als auch die durch das Geschäftsmodell organisierten Events, den Dialog zwischen den Akteuren.

Abschließend ist zu sagen, dass das beschriebene Geschäftsmodell aktuell das Kriterienraster nur mit Einschränkungen erfüllt. Grund sind die Schwächen des Geschäftsmodells im Bereich Beitrag zur Wertschöpfungskette und Transparenz zwischen den Akteuren.

### *5.2.2*
### Automatische Sortieranalage mit NIR-Technologie

Tabelle 6 zeigt das zweite Geschäftsmodell, welches eine automatische Sortieranlage mit NIR-Technologie darstellt.

Tabelle 6: Business Model Canvas automatische Sortieranlage mit NIR-Technologie

Eigene Darstellung

| Automatische Sortieranlage mit NIR-Technologie | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Schlüssel-partner**<br>Altkleider-sammler<br>Second-Hand-Textilhändler<br>Recycling-betriebe<br>Kommunen<br>Designer | **Schlüsselaktivitäten**<br>Sortieren in zwei Schritten: 1.) Manuelle Sortierung der Alttextilien nach Wiederverwendbarkeit 2.) Automatische Sortierung der nicht wiederverwendbaren Textilien aus Monomaterial nach Material und Farbe<br>**Schlüsselressourcen**<br>NIR-Technologie zur Sortierung der Materialien<br>Fähigkeiten der Sortiermitarbeiter | **Beitrag zu NE (SDG 12)**<br>12.2: Effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen<br>12.5: Abfallaufkommen verringern<br>12.6: Einführung nachhaltiger Verfahren<br>**Wettbewerbsvorteil**<br>Erschließung neuer Märkte, die andere Sortierer nicht bedienen können (neue Sortierfraktionen)<br>Minimierung Sortierfehler<br>Sortierer kann Faserzusammensetzung garantieren (Qualitätsgewinn) | **Kunden-beziehung**<br>Persönlicher Kontakt<br>Webpräsenz<br>**Kanäle**<br>Direkt-vertrieb<br>Eigener Onlineshop | **Kunden-segmente**<br>Second-Hand-Textilhändler<br>Altkleider-exporteure<br>Textilrecycler<br>Industrien, welche textile Putzlappen und Dämmmaterialien verwenden |
| **Kostenstruktur**<br>Investitionskosten für Sortieranlage mit NIR-Technologie (NIR-Sensor, wenn automatisch: Andien-Roboter, Trennanlage mithilfe von Druckluft)<br>Laufende Kosten (Personal, Webseite, Miete, Energie...) | | **Erlösstruktur**<br>Verkauf von wiederverwendbaren Alttextilien<br>Verkauf von Sortierfraktionen zum Textilrecycling<br>Verkauf von Sortierfraktionen als Putzlappen bzw. Dämmaterial | | |

Dieses Geschäftsmodell richtet sich an zwei mögliche Akteure. Zum einen ist es denkbar, dass bereits bestehende Sortierbetriebe die NIR-Technologie mit in ihren Sortierprozess integrieren. Aufgrund des hohen Investitionsaufwandes und des immensen benötigten Inputs für eine solche Technologie ist dies jedoch wahrscheinlich nur für einen großen Sortierbetrieb möglich (Experteninterviews). Zum andern besteht die Option, dass eine neue Unternehmung die passenden Sortierfraktionen von kleineren Sortierbetrieben erhält und diese dann

mithilfe der NIR-Technologie weiter spezifiziert. In diesem Fallt gilt es jedoch die Transportwege zu beachten, da diese die Ökobilanz der recycelten Materialien beeinflussen können.

Sortierer, welche das neue Geschäftsmodell in ihren bestehenden Prozess integrieren wollen, müssen den Ablauf der aktuellen Sortierung leicht abändern. Abbildung 16 zeigt schematisch den Ablauf der neuen Sortierung und stellt dar, an welchem Punkt das neue Geschäftsmodell ansetzt.

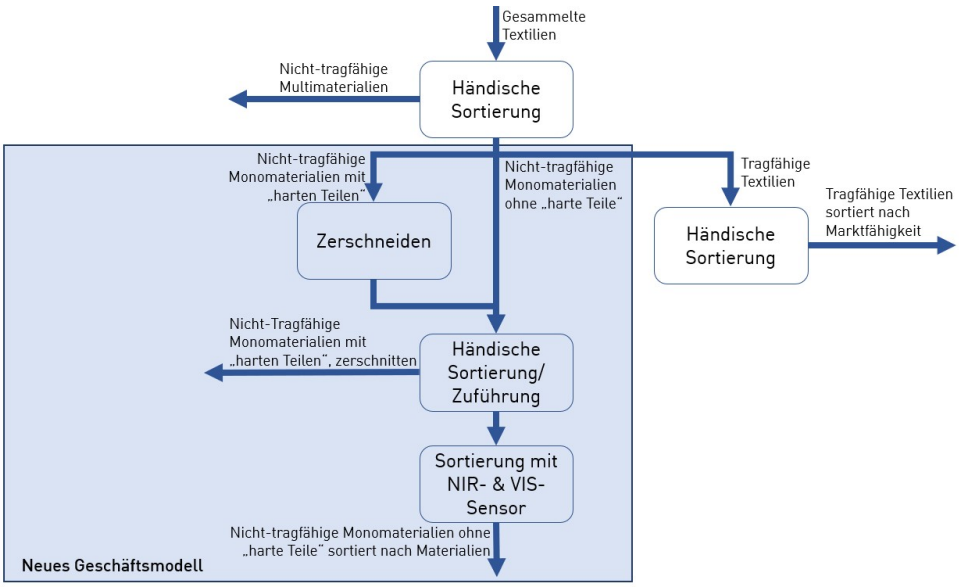



Abbildung 16: Ablauf automatische Sortieranalage mit NIR-Technologie
Eigene Abbildung

Wie zuvor liefert der Sammelbetrieb die Alttextilien beim Sortierbetrieb ab. Den dann folgenden ersten Schritt der Sortierung übernehmen auch bei diesem Geschäftsmodell noch Mitarbeiter per Hand. Sie sortieren die Textilien in vier verschiedene Fraktionen: tragfähige Textilien, nicht-tragfähige Multimaterialien, nicht-tragfähige Monomaterialien mit „harten Teilen", nicht-tragfähige Monomaterialien ohne „harte Teile". Alle tragfähigen Textilien werden, wie zurzeit üblich, mithilfe einer händischen Sortierung nach ihrer Marktfähigkeit sortiert. Die nicht tragfähigen Multimaterialien kann der Sortierer ballieren und je nach Kunde, können diese als Stoffe für Putzlappen oder Dämmmaterial verwendet werden. Die nicht-tragfähigen Monomaterialien mit harten Teilen werden von einer Maschine in fünf mal fünf Zentimeter große Stücke geschnitten und dann zusammen mit den nicht-tragfähigen Monomaterialien ohne harte Teile, der automatischen Sortierung zugeführt. Die Zuführung läuft händisch durch einen Mitarbeiter ab. Dies ermöglicht Flexibilität für das System und senkt die Investitionskosten. Der Mitarbeiter legt jedes Textil einzeln auf das Fließband, welches die Textilien der Sortiermaschine zuführt. Dabei sortiert er die Textilstücke aus, welche harte Teile enthalten. Alle anderen Textilien(-teile) werden mithilfe eines

NIR-Sensors gescannt. Wird auch eine Sortierung nach Farbe benötigt, kann ein zusätzlicher VIS-Sensor dazu geschaltet werden. Der NIR-Sensor scannt die Textilien und ordnet sie den passenden, zuvor festgelegten, Materialklassen zu. Mithilfe von Druckluft werden die Textilien dann in die dafür bestimmten Materialklassentonnen transportiert. Die einzelnen Materialklassen werden im nächsten Schritt balliert. Der Sortierbetrieb kann diese nun an den passenden Abnehmer, z.B. chemische oder mechanische Recycler, verkaufen. Der Verkauf bei diesem Geschäftsmodell läuft dabei über persönlichen Direktvertrieb oder den eigenen Onlineshop ab. Über persönlichen Kontakt oder seine Webpräsenz hält der Sortierer die Verbindung zu seinen Kunden zu denen Second-Hand-Shops, Altkleiderexporteure, Textilrecycler und Industrien, welche Textilputzlappen und textiles Dämmmaterial verwenden, gehören.

Durch dieses Geschäftsmodell entstehen für die Sortierbetriebe einige Vorteile. Zum einen können sie ihren Wettbewerbsvorteil sichern, indem sie nun eine größere Anzahl an unterschiedlichen Sortierfraktionen verkaufen können. Somit können die Sortierer neue Märkte erschließen, die andere Sortierer nicht bedienen können. Außerdem kann die Technologie für eine Minimierung von Sortierfehlern sorgen, sodass der Sortierer die verkaufte Faserzusammensetzung garantieren kann und so einen Qualitätsgewinn hat. Zudem kann er den Anforderungen der Recyclingindustrie in Bezug auf die Materialzusammensetzung gerecht werden. Diese Vorteile sehen auch die Experten in den Gesprächen als einen großen Anreiz, ein solches Geschäftsmodell einzusetzen (Experteninterviews). Zum anderen kann dieses Geschäftsmodell einen Beitrag zur Nachhaltigen Entwicklung leisten. So kann es die effiziente Nutzung von natürlichen Ressourcen unterstützen (SDG 12.2), das Abfallaufkommen verringern (SDG 12.5) und nachhaltige Verfahren zur Abfallbehandlung einführen (SDG 12.6).

Vor allem die Wirtschaftlichkeit ist für die Experten ein kritischer Faktor, den es zwingend zu erreichen gilt (Experteninterviews). Dabei stehen sich die Kosten- und die Erlösstruktur dieses Geschäftsmodells gegenüber. Die Kosten setzen sich bei diesem Modell aus den Investitionskosten für die Sortieranlage mit NIR-Technologie (NIR-Sensor, Fließbänder, Trennanlage mithilfe von Druckluft), den Energiekosten, den Personalkosten, den Kosten für die angelieferte Sammelware und sonstigen laufenden Kosten (z.B. Miete) zusammen. Dem gegenüber stehen die Erlöse, die durch den Verkauf von wiederverwendbaren Alttextilien, der qualitativgeringsten Sortierfraktion und den nach Materialien sortierten Fraktionen erzielt werden. Nur wenn die Erlöse höher sind als die Kosten, wird dieses Geschäftsmodell auf dem Markt Erfolg haben können. Dabei spielt für den Erfolg auch die Zusammenarbeit zwischen den Schlüsselpartner eine entscheidende Rolle (Experteninterviews). Die Schlüsselpartner dieses Geschäftsmodells decken nahezu die ganze textile Abfallkette ab. Zu ihnen zählen: die Altkleidersammler, die Second-Hand-Textilhändler, die Recyclingbetriebe, die

Kommunen und die Designer. Nur wenn diese Partner transparent zusammenarbeiten, kann der Sortierer die passenden Materialklassen selektieren und hat den passenden Input und die Nachfrage, um das Geschäftsmodell gewinnbringend einzusetzen.

Tabelle 7 zeigt die Bewertung des Geschäftsmodells anhand der zuvor erarbeiteten Kriterien für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung CE. Die hervorgehobenen Tabellenfelder verdeutlichen die Bewertung des Geschäftsmodells für jedes Merkmal. Gleichzeitig stellt die Tabelle die errechnete Bewertung des Geschäftsmodells für die einzelnen Kriterien dar. Dabei konnten die Merkmale Ressourcenverbrauch, Emissionswert und Abfallerzeugung nicht bewertet werden, da es bisher kein vergleichbares Geschäftsmodell mit dem gleichen Output, sprich nach Trag- und Markfähigkeit und nach Materialien sortierten Textilien ohne harte Teile, gibt. Die Merkmale des Kriteriums Produkt wurden nur für die Textilien bewertet, die als trag- und marktfähig sortiert und verkauft werden. Die nicht-tragfähigen Textilien stellen weiterhin Abfall dar und können somit nicht als Produkt bewertet werden.

Tabelle 7: Kriterien in Richtung CE angewendet auf Geschäftsmodell Automatische Sortieranlage

| 1<br>Merkmal ist erfüllt | 2<br>Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt | 3<br>Merkmal ist nicht erfüllt |
|---|---|---|
| **Kriterium 1: Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt: 2,0)** | | |
| Merkmal: Abfallzuordnung zur Abfallhierarchie (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell dazu beiträgt, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken. | Das Merkmal ist unter Einschränkung erfüllt, wenn das Geschäftsmodell dazu beitragen kann, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken. Dieser Beitrag ist jedoch abhängig von anderen Faktoren. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell nicht dazu beiträgt, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken, sondern gleichbleiben oder erhöhen. |
| Merkmal: Sekundärrohstoffe (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen Beitrag leistet, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen Beitrag leisten kann, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. Dieser Beitrag ist jedoch abhängig von anderen Faktoren. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell keinen Beitrag leistet, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt, sondern der Anteil sinkt oder gleichbleibt. |

| | | |
|---|---|---|
| **Kriterium 2: Transparenz zwischen den Akteuren ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt 2,0)** | | |
| Merkmal: Informationsfluss | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufes weitergegeben werden. | Das Merkmal ist unter Einschränken erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen manchen Akteuren punktuell weitergegeben werden. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, sofern das Geschäftsmodell keine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren weitergegeben werden. |
| **Kriterium 3a: Schlüsselaktivität (nur für Verarbeitung) ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt: 1,5)** | | |
| Merkmal: Anforderungen an den Input | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen geringen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig großer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen hohen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig großer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen hohen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig geringer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. Das Merkmal ist auch nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen geringen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig geringer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. |
| Merkmal: Einsatz Chemikalien (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn in dem Prozess der Schlüsselaktivität keine unter Beschränkung stehenden Chemikalien zum Einsatz kommen. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn in dem Prozess der Schlüsselaktivität unter Beschränkung stehende Chemikalien zum Einsatz kommen. |
| Kriterium 4: Produkt (nur für neue Produkte aus Verarbeitungsprozessen) ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt: 1,5) | | |
| Merkmal: Ökobilanz (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Ökobilanz der Produkte des Geschäftsmodells geringer ist, als die von gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien hergestellt werden. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Ökobilanz der Produkte höher ist, als die von gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien hergestellt werden. |
| Merkmal: Einsatz Chemikalien (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells keine unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten. | Das Merkmal ist unter Einschränkung erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten. Jedoch nur, wenn diese nicht im Rahmen der Schlüsselaktivität Teil der Produkte wurden. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten, die durch die Schlüsselaktivität Tel der Produkte wurden. |

| Merkmal: Qualität | | |
|---|---|---|
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Qualität der Produkte gleich oder höher ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Qualität der Produkte niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. |
| Merkmal: Preis | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn der Preis der Produkte gleich oder niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn der Preis des Produktes in einigen Fällen gleich oder niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten aus Primärmaterialien. In vielen Fällen gibt es jedoch gleichartige Produkte aus Primärmaterialien, welche günstiger sind. | Das Merkmal ist erfüllt, wenn der Preis der Produkte höher ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. |

Das Kriterium „Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf" erfüllt dieses Geschäftsmodell nur unter Einschränkungen. Es kann dazu beitragen, dass durch die materialgerechte Sortierung die Alttextilien neuen Behandlungspfaden zugeführt werden. Statt wie gewohnt im Downcycling oder in der Verbrennung zu landen, können die Textilien nun in hochwertigen Recyclingverfahren verarbeitet werden. Diese können die Ressourcen der Textilien zurückgewinnen, sodass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. Das Geschäftsmodell kann jedoch lediglich die Abfälle für die Behandlungsphase sortieren und somit zur Verfügung stellen. Die Verarbeitung der Alttextilien ist allerdings abhängig von den Recyclern. Diese müssen den Sortierern genau vorgeben, welche Sortierfraktionen sie benötigen, damit dieser die Alttextilien gezielt sortieren kann. Da der Sensor nur die Fraktionen sortiert, welche er erlernt hat, ist diese Spezifikation wichtig, damit der Sortierer den Markt nachfragegerecht bedienen kann (Experteninterviews). Zusätzlich müssen die Abnehmer der sortierten Ware akzeptieren, dass aufgrund der Beschaffenheit der Textilien eine hundertprozentige Reinheit nicht gegeben werden kann. Es ist also auch wichtig, dass die nachfolgenden Verarbeitungsverfahren (z.B. chemisches oder mechanisches Recycling) einen gewissen Grad an Verunreinigungen händeln können (Experteninterviews). Nur, wenn die sortierte Ware von Recyclern gekauft und verwendet wird, wird sie hochwertigen Recyclingverfahren zugeführt und der Sekundärrohstoffanteil auf dem Markt erhöht sich.

Auch das Kriterium „Transparenz zwischen den Akteuren" kann dieses Geschäftsmodell nur unter Einschränkungen erfüllen. Zwar hilft es dem Recycler Informationen bzgl. des Materials bereitzustellen, jedoch fehlen Informationen über Chemikalien und sonstige Inhaltsstoffe der Alttextilien. Zusätzlich gibt das Geschäftsmodell diese Informationen nicht von den vorgeschalteten Akteuren an den nachgeschalteten Akteur weiter, sondern erzeugt die Informationen

selbst. Dadurch erweiterte das Geschäftsmodell die Transparenz im Wertschöpfungskreislauf, jedoch nur zwischen dem Akteur des Geschäftsmodells und dem nachgeschalteten Akteur.

Das Kriterium „Schlüsselaktivität" erfüllt das Geschäftsmodell unter Einschränkungen. Grund ist, dass die genutzte automatische Sortieranlage einen hohen Input benötigt, um wirtschaftlich arbeiten zu können. Die Technologie kann Textilien schneller sortieren als die händische Sortierung dies kann (siehe Abschnitt 4.1.1). Um diesen Vorteil auszuspielen ist es wichtig, dass der Input an sortierbaren Kleidern für den Sensor hoch genug ist (Experteninterviews). Nur dann können sich die hohen Investitionskosten der Technologie gegenüber den geringeren Lohnkosten einer händischen Sortierung rentieren. Das Merkmal des Einsatzes von Chemikalien ist erfüllt, da bei den Schlüsselaktivitäten keine Chemikalien zum Einsatz kommen.

Auch das letzte Kriterium ist nur unter Einschränkungen erfüllt. Zwar ist die Ökobilanz von Second-Hand Textilien geringer und auch die Qualität von Second-Hand-Textilien kann, aufgrund der händischen Prüfung, gewährleistet werden, jedoch sind die anderen Merkmale nur unter Einschränkungen erfüllt. So fügt der Sortierprozess den Textilien zwar keine Chemikalien hinzu, kann enthaltene Chemikalien jedoch nicht aus dem Textil ausschleusen. Außerdem ist der Preis der Second-Hand Mode zwar in einigen Fällen gleich oder niedriger, wie der von frisch produzierten Textilien. Es gibt jedoch auch viele Fälle, wo die Second-Hand-Textilien den Preis von neuen Textilien nicht schlagen können.

Da alle Kriterien durch das Geschäftsmodell nur unter Einschränkungen erfüllt sind, entspricht das Geschäftsmodell den Soll-Anforderungen an ein Geschäftsmodell in Richtung CE nicht vollständig.

### *5.2.3*
### Anlage für Faser-zu-Faser-Recycling von Mischmaterialien mithilfe von chemischem Recycling

Tabelle 8 zeigt das zweite Geschäftsmodell, das eine Anlage für Faser-zu-Faser-Recycling von Mischmaterialien mithilfe von chemischem Recycling darstellt.

Dieses Geschäftsmodell richtet sich potenziell an drei mögliche Betreiber. Zum einen könnten Hersteller, die Textilfasern produzieren, dieses Geschäftsmodell ihrem jetzigen Prozess vorschalten. So hätten sie mehr Einfluss über die Rohstoffe, die in ihren Prozess einfließen. Zum anderen können Recycler, welche nicht selbst eine eigene Technologie entwickeln wollen oder können, dieses Geschäftsmodell nutzen. Zuletzt ist dieses Geschäftsmodell auch für neue Unternehmungen denkbar.

Tabelle 8: Business Model Canvas Anlage für Faser-zu-Faser-Recycling von Mischmaterialien mithilfe von chemischem Recycling

Eigene Darstellung

| Anlage für Faser-zu-Faser-Recycling von Mischmaterialien mithilfe von chemischem Recycling | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Schlüssel-partner**<br>Sortierbetriebe<br>Technologie-geber<br>Plattform-betreiber<br>Faserhersteller<br>Designer<br>Konsumenten | **Schlüsselaktivitäten**<br>Chemisches Recycling von Polycottongemischen mit einem Verunreinigungsgrad <20 Prozent | **Beitrag zu NE (SDG 12)**<br>12.2: Effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen<br>12.4: Umweltverträglicher Umgang mit Chemikalien<br>12.5: Abfallaufkommen verringern<br>12.6: Einführung nachhaltiger Verfahren | **Kunden-beziehung**<br>Persönlicher Kontakt<br>Webpräsenz | **Kunden-segmente**<br>Faserhersteller<br>Chemische Industrie |
| | **Schlüsselressourcen**<br>Technologie, welche chemisches Recycling ermöglicht | **Wettbewerbsvorteil**<br>Verarbeitung von Materialien, die sonst keine Verwendung finden<br>Erschließung neuer Märkte, die „traditionelle" Recycler nicht bedienen können | **Kanäle**<br>Direkt-vertrieb<br>Eigener Onlineshop | |
| **Kostenstruktur**<br>Investitionskosten für Recyclinganlage<br>Lizenzkosten für Recyclingtechnologie<br>Kosten für sortierte Textilware<br>Laufende Kosten (Personal, Webseite, Miete, Energie...) | | **Erlösstruktur**<br>Verkauf von Polymerpellets<br>Verkauf von Zellstoff | | |

Bei diesem Geschäftsmodell kommen die Alttextilien ohne „feste" Bestandteile (Knöpfe, Reißverschlüsse), sortiert beim Recycler an. Der Recyclingbetrieb bereitet die Alttextilien mithilfe des chemischen Recyclings wieder auf. Recycelt werden können hier Polycottongemische mit einer Verunreinigung kleiner 20%. Hierzu werden die Textilien zunächst gewaschen. Dazu müssen die Polyesterfasern aufquellen, um kleine Molekülverunreinigungen wie Farbstoffe, Chemikalien zur Veredelung usw. auszuwaschen. Auch Verunreinigungen durch andere Polymere wie Polyurethan und Zelluloseacetat werden in dieser Phase ausgewaschen und bleiben als Abfallfraktion im Prozess zurück. Nach dem Waschen bleibt das mit Lösungsmittel gesättigtes Poly-Baumwolle-Gemisch übrig. Zum Rauslösen des Polyesters wird die Mischung erhitzt. Bei einer höheren Temperatur löst sich der Polyester in der Lösung auf. Die Baumwolle bleibt als Feststoff zurück. Eine Filtration trennt dann die Baumwolle und das Gemisch aus Polymer und Lösungsmittel. Das Endprodukt ist eine Polymer-Lösungsmittel-Mischung aus welcher Polymerpellets gewonnen werden. Diese können mithilfe der bestehenden Infrastruktur durch Faserherstellern zu Polyesterfasern gesponnen werden oder von der chemischen Industrie in ihren Prozessen genutzt werden. Die Qualität der Pellets entspricht der von „frischen" Polyesterpellets. Gleichzeitig werden die festen Baumwollfasern mit einer ionischen Flüssigkeit aufgelöst. Das daraus entstandene Viskosegemisch kann zu einem Zellstoff verarbeitet werden, welcher durch Unterstützung von bestehenden Zellulosefaser-Spinnverfahren zu z.B. Viskose oder Lyocell verarbeitet werden kann. Die Tech-

nologie für das Verfahren kann der Recycler mittels einer Lizenz von einem Unternehmen erwerben. Der Verkauf der Polymerpellets und des Zellstoffs läuft über den Direktvertrieb oder den Online-Shop des Recyclingbetriebs. Den Kontakt zu seinen Kunden, sprich Faserhersteller oder der chemischen Industrie, hält der Recycler über seine Webpräsenz oder persönlich.

Den Vorteil, den die Nutzer dieses Geschäftsmodells gegenüber dem Wettbewerb haben, ist einerseits, dass sie Material verarbeiten können, welches sonst keine Verwendung finden würde und die Sortierbetriebe nur Geld kosten würde (Fragebogen anonymer Sortierer 2020, Z. 36-37). Andererseits können sie durch dieses Geschäftsmodell neue Märkte erschließen, welche „traditionelle" Recycler nicht bedienen können.

Auch dieses Modell leistet einen Beitrag zur Nachhaltigen Entwicklung und zur CE. So unterstützt es SDG 12.2 „Effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen" da durch den Einsatz der recycelten Fasern natürliche Ressourcen wie z.B. Baumwolle oder Erdöl gespart werden können. Außerdem hilft es bei der Erreichung von SDG 12.4 „Umweltverträglicher Umgang mit Chemikalien", da das chemische Recycling Chemikalien, die sich in den Textilien befinden aus dem Prozess ausschleusen kann. Zuletzt bedeutet das Geschäftsmodell die Einführung eines nachhaltigen Verfahrens (SDG 12.6) und die Verringerung des Abfallaufkommens (SDG 12.5).

Für die Experten spielt auch hier die Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle (Experteninterviews). Dabei besteht die Kostenstruktur bei diesem Modell aus den Investitionskosten für die Recyclinganlage, die Lizenzkosten für Recyclingtechnologie, die Energiekosten, die Kosten für die sortierte Textilware und sonstige laufende Kosten (z.B. Miete, Personalkosten). Demgegenüber stehen die Erlöse, welche sich aus dem Verkauf der Polymerpellets und dem Zellstoff generieren. Auch dieses Geschäftsmodell wird nur dann Erfolg haben, wenn die Erlöse die Kosten übersteigen. Dies scheint nur möglich, wenn die Zusammenarbeit der Schlüsselpartner reibungslos funktioniert. Auch in diesem Geschäftsmodell spiegeln die Schlüsselpartner einen großen Teil der Abfallkette wider. So gehören zu den Partnern die Sortierbetriebe, die Technologiegeber, die Faserhersteller und die Designer. Tabelle 9 zeigt die Bewertung des Geschäftsmodells anhand der zuvor erarbeiteten Kriterien für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung CE. Dabei zeigen die hervorgehobenen Tabellenfelder die Bewertung des Geschäftsmodells für jedes Merkmal. Zusätzlich zeigt die Tabelle die errechnete Bewertung des Geschäftsmodells für die einzelnen Kriterien.

Tabelle 9: Kriterien in Richtung CE angewendet auf Geschäftsmodell Faser-zu-Faser-Recycling

| 1<br>Merkmal ist erfüllt | 2<br>Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt | 3<br>Merkmal ist nicht erfüllt |
|---|---|---|
| **Kriterium 1: Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf ist <u>erfüllt</u> (Durchschnitt: 1,0)** | | |
| Merkmal: Abfallzuordnung zur Abfallhierarchie (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell dazu beiträgt, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken. | Das Merkmal ist unter Einschränkung erfüllt, wenn das Geschäfts-modell dazu beitragen kann, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken. Dieser Beitrag ist jedoch abhängig von anderen Faktoren. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell nicht dazu beiträgt, dass sich die Quoten der Abfälle, die der Beseitigung, der sonstigen Verwertung und/oder dem minderwertigen Recycling (z.B. Downcycling) zugeführt werden, sinken, sondern gleichbleiben oder erhöhen. |
| Merkmal: Sekundärrohstoffe (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen Beitrag leistet, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen Beitrag leisten kann, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt. Dieser Beitrag ist jedoch abhängig von anderen Faktoren. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell keinen Beitrag leistet, dass der Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt steigt, sondern der Anteil sinkt oder gleichbleibt. |
| **Kriterium 2: Transparenz zwischen den Akteuren ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt: 2,0)** | | |
| Merkmal: Informationsfluss | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren entlang des gesamten Wertschöpfungskreislaufes weitergegeben werden. | Das Merkmal ist unter Einschränken erfüllt, sofern das Geschäftsmodell eine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen manchen Akteuren punktuell weitergegeben werden. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, sofern das Geschäftsmodell keine Möglichkeit bietet, dass Informationen, welche für die Transformation hin zu einer CE benötigt werden, zwischen den Akteuren weitergegeben werden. |
| **Kriterium 3a: Schlüsselaktivität (nur für Verarbeitung) ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt: 1,4)** | | |
| Merkmal: Anforderungen an den Input | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen geringen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig großer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen hohen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig großer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen hohen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig geringer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. Das Merkmal ist auch nicht erfüllt, wenn das Geschäftsmodell einen geringen Input an Abfall benötigt, bei gleichzeitig geringer Flexibilität in Bezug auf die Spezifikation und die Qualität des Abfallinputs. |

| | | |
|---|---|---|
| Merkmal: Ressourcenverbrauch | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen ressourcenärmeren Prozess oder einen Prozess mit gleichem Ressourcenverbrauch, im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output, darstellt. | | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen Prozess beinhaltet, der einen höheren Ressourcenverbrauch hat im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. |
| Merkmal: Emissionswert | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen emissionsärmeren Prozess oder einen Prozess mit gleichem Emissionsausstoß, im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output, darstellt. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität einen Prozess beinhaltet, der höhere Emissionen ausstößt im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. |
| Merkmal: Abfallerzeugung | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität weniger Abfall erzeugt im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Schlüsselaktivität mehr Abfall erzeugt im Vergleich zu anderen Geschäftsmodellen mit dem gleichen Output. |
| Merkmal: Einsatz Chemikalien (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn in dem Prozess der Schlüsselaktivität keine unter Beschränkung stehenden Chemikalien zum Einsatz kommen. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn in dem Prozess der Schlüsselaktivität unter Beschränkung stehende Chemikalien zum Einsatz kommen. |
| **Kriterium 4: Produkt (nur für neue Produkte aus Verarbeitungsprozessen) ist <u>unter Einschränkungen erfüllt</u> (Durchschnitt: 1,5)** | | |
| Merkmal: Ökobilanz (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Ökobilanz der Produkte des Geschäftsmodells geringer ist, als die von gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien hergestellt werden. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Ökobilanz der Produkte höher ist, als die von gleichwertigen Produkten, welche aus Primärmaterialien hergestellt werden. |
| Merkmal: Einsatz Chemikalien (Musskriterium) | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells keine unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten. | Das Merkmal ist unter Einschränkung erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten. Jedoch nur, wenn diese nicht im Rahmen der Schlüsselaktivität Teil der Produkte wurden. | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Produkte des Geschäftsmodells unter Beschränkung stehende Chemikalien oder als SVHC eingestufte Stoffe enthalten, die durch die Schlüsselaktivität Tel der Produkte wurden. |

| Merkmal: Qualität | | |
|---|---|---|
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn die Qualität der Produkte gleich oder höher ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. | - | Das Merkmal ist nicht erfüllt, wenn die Qualität der Produkte niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. |
| Merkmal: Preis | | |
| Das Merkmal ist erfüllt, wenn der Preis der Produkte gleich oder niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. | Das Merkmal ist unter Einschränkungen erfüllt, wenn der Preis des Produktes in einigen Fällen gleich oder niedriger ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten aus Primärmaterialien. In vielen Fällen gibt es jedoch gleichartige Produkte aus Primärmaterialien, welche günstiger sind. | Das Merkmal ist erfüllt, wenn der Preis der Produkte höher ist, im Vergleich zu gleichartigen Produkten, welche aus Primärmaterialien bestehen. |

Das Kriterium Beitrag zum Wertschöpfungskreislauf ist durch dieses Geschäftsmodell erfüllt. Es ermöglicht, dass ein höherer Anteil an Alttextilien einem hochwertigen Recyclingverfahren zugeführt werden. Gleichzeitig erhöht es durch seine Produkte, Zellstoff und Polymerpellets, den Anteil an Sekundärrohstoffen auf dem Markt. Das Geschäftsmodell gibt vollständige und gesicherte Informationen über die Inhaltsstoffe seiner Produkte nur an die nachfolgenden Akteure, sprich den Produktdesigner oder Hersteller, weiter. Daher ist das Kriterium Transparenz zwischen den Akteuren nur unter Einschränkungen erfüllt.

Auch das Kriterium Schlüsselaktivität erfüllt das Geschäftsmodell nur unter Einschränkungen. Grund ist das schlechte Abschneiden des Geschäftsmodells in Bezug auf die Anforderungen an den Input. Das chemische Recycling benötigt einen vergleichsweisen großen Input in einer gleichbleibenden Qualität, um effizient und wirtschaftlich arbeiten zu können. Dafür müssen die Sortierer diese Qualitätsansprüche einhalten (Experteninterviews). Die Merkmale Ressourcenverbrauch, Emissionswert, Abfallerzeugung und Einsatz von Chemikalien erfüllt dieses Modell aus dem Grund, da zum einen der Prozess selbst einen Kreislauf darstellt, d.h. die verwendeten Chemikalien des Prozesses werden im Kreislauf geführt, wodurch beim Prozess selbst nur wenige Abfallstoffe entstehen. Die im Prozess verwendeten Chemikalien unterliegen dabei keinen Beschränkungen. Zudem ermöglicht der Prozess, die Ressourcen aus den Alttextilien zurückzugewinnen und erneut in den textilen Wertschöpfungskreislauf einzubringen. So verringert sich der Ressourcenverbrauch der Produkte des Prozesses.

Das letzte Kriterium, welches das Produkt der Schlüsselaktivität untersucht, gilt nach Bewertung der einzelnen Merkmale nur als unter Einschränkungen erfüllt. Dies liegt am schlechten Abschneiden des Geschäftsmodells in Bezug auf den Preis seines Produktes. Zum aktuellen Zeitpunkt können die Preise der Polymerpellets und des Zellstoffs nicht mit den Preisen von Primärrohstoffen mithalten. Hier ist auch von Bedeutung, dass die Märkte für die Outputs des Prozesses vorhanden sind und die Nachfrage hoch genug ist (Experteninterviews). Nur so

können zukünftig die Preise sinken und gegenüber Primärrohstoffen konkurrenzfähig werden. Die Merkmale Ökobilanz, Einsatz von Chemikalien und Qualität sind hingegen vollständig erfüllt. So hat eine erste LCA festgestellt, dass Polymerpellets und der Zellstoff unter gewissen Rahmenbedingungen eine positive Ökobilanz im Vergleich zu Frischfasern haben können. Diese Einstufung, kann sich mit erscheinen weiterer Untersuchungen jedoch auch ins Negative verändern. Da das Verfahren des chemischen Recyclings Chemikalien, die sich in den Textilien befinden ausschleusen kann, und seinen Produkten keine zusätzlichen Chemikalien hinzufügt, gilt das Kriterium Einsatz von Chemikalien als erfüllt. Auch die Qualität der Polymerpellets und des Zellstoffs, gleicht der von solchen aus Primärmaterialien. Aus diesem Grund kann auch das Merkmal Qualität als erfüllt angesehen werden.

Als Ergebnis aus der Bewertung der einzelnen Merkmale und Kriterien ergibt sich, dass das Geschäftsmodell das Kriterienraster nur unter Einschränkungen erfüllt. Vor allem beim Preis der Produkte und bei den Anforderungen der Schlüsselaktivität an den Input weist das Geschäftsmodell noch Schwächen auf.

## 5.3
### Eignung der abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodelle in Richtung Circular Economy

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich auf Grundlage der Innovationen Geschäftsmodelle entwickeln lassen, die die Anforderungen an neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in Richtung CE weitestgehend erfüllen. Jedoch gibt es noch Hürden, die das vollständige Erfüllen der Kriterien durch die Geschäftsmodelle verhindern. Neben der Zusammenarbeit und Mitarbeit aller Akteure der Wertschöpfungskette, liegen diese vor allem im Bereich Preise der Produkte und Chemikalien in den Produkten. Diese Bereiche sind auch abhängig von den Rahmenbedingungen, in denen sich die Geschäftsmodelle entwickeln.

Die Ergebnisse der Bewertung der Kriterien spiegelt sich auch in den Einschätzungen der Experten wider. So sehen sie das Modell der automatischen Sortierung als interessant und vielversprechend an. Sie betonen jedoch auch, dass vor allem im Bereich Wirtschaftlichkeit zuerst noch Hürden aus dem Weg geräumt werden müssen (Experteninterviews). Auch das Geschäftsmodell des chemischen Recyclings sehen sie als vielversprechend an und verfolgen die Technologie mit großem Interesse (Experteninterwies). Jedoch legen die klassischen Alttextilsortierer und -recycler ihren Fokus auf das Sortieren der Alttextilien und tun sich schwer, in neue Technologien im Bereich Recycling zu investieren (Experteninterwies). Am ersten vorgestellten Geschäftsmodell schätzen die Experten den Mehrwert einer solchen Plattform für den Austausch zwischen den Akteuren (Experteninterviews) und sind der Meinung, dass eine Plattform eine Verbindung zwischen den einzelnen Akteuren schaffen könnte (Experteninterviews).

# 6
# Verbleibende Lücken in den Rahmenbedingungen

Der Erfolg der erarbeiteten Geschäftsmodelle ist abhängig von den Rahmenbedingungen sowohl auf normativer, als auch auf textil- und abfallwirtschaftlicher Ebene. Aus diesem Grund beantwortet dieses Kapitel die Frage, inwieweit sich die neuen Geschäftsmodelle unter den zu erwartenden Änderungen in den Rahmenbedingungen für das Zieljahr 2025 als tragfähig erweisen bzw. welche Lücken in den Rahmenbedingungen auch über den Status Quo hinaus bestehen und die Erfüllung der Soll-Anforderungen durch die Akteure behindern.

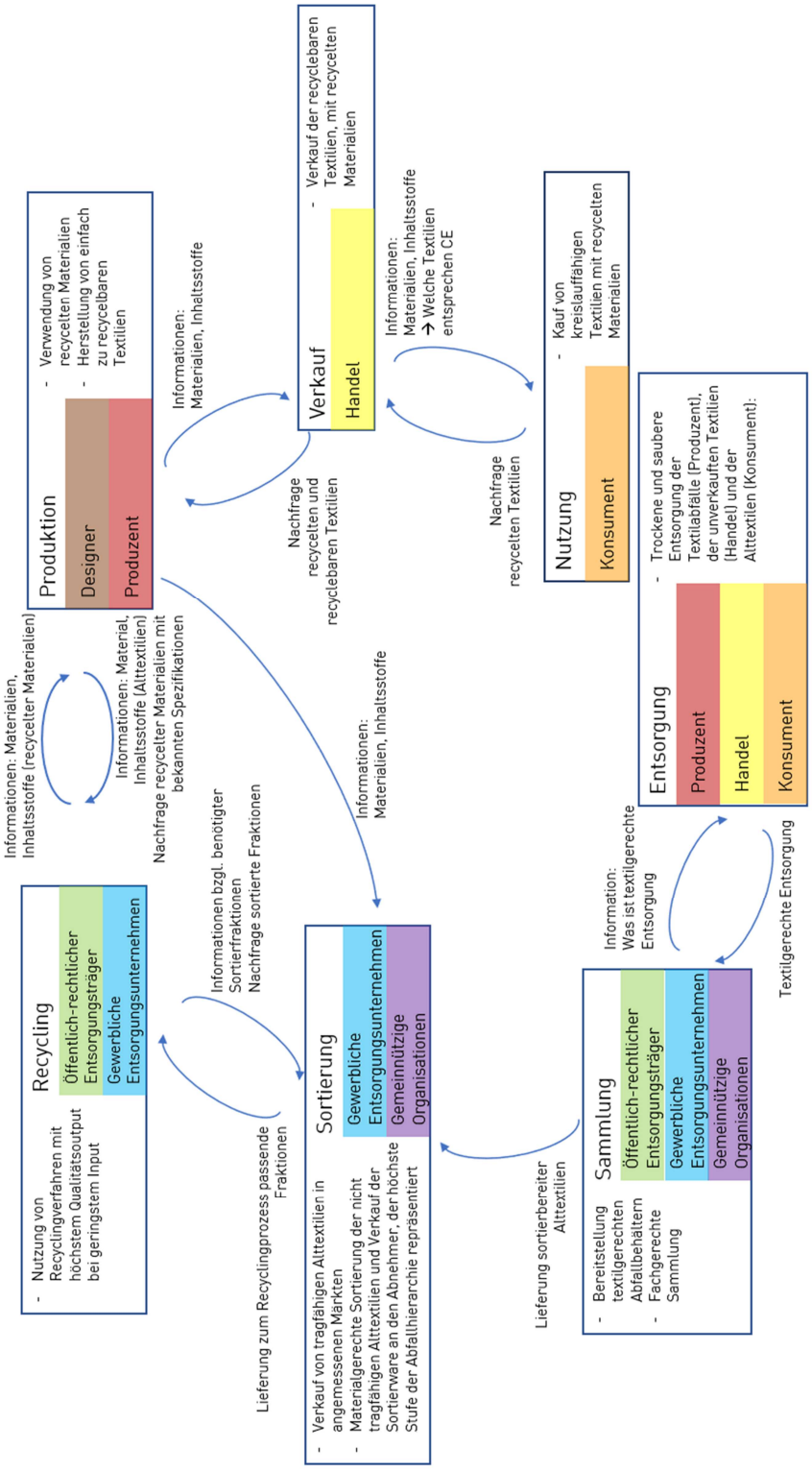
Ausgangspunkt der Analyse ist eine typisierende Betrachtung der Beiträge, die von den einzelnen Akteuren zu leisten sind, um das normativ intendierte Ziel zu erreichen (Abschnitt 6.1). Daran anknüpfend beschreibt Abschnitt 0 welche Änderungen in den Rahmbedingungen absehbar sind und ob damit die Geschäftsmodelle für das Zieljahr 2025 tragfähig erscheinen. Im Anschluss analysiert Abschnitt 6.3 die neue Anreiz- und Hemmnis-Situation der Akteure unter den veränderten Rahmenbedingungen. Abschnitt 0 leitet daraus das verbleibende Delta ab. Aufbauend darauf analysiert Abschnitt 6.5 Gestaltungsoptionen zur Schließung des Deltas.

## 6.1
## Beiträge der Akteure im „ideal state“

Das vorausgehende Kapitel zeigt, dass die Geschäftsmodelle nur dann funktionieren, wenn die Akteure der Abfallkette jeweils ihren spezifischen Beitrag leisten. Dieser Abschnitt beschäftigt sich nun damit, wie jeder einzelne Akteur handeln müsste, damit die beschriebenen Geschäftsmodelle erfolgreich werden und einen Wertschöpfungskreislauf nach den Kriterien der CE ermöglichen. Dabei ist der nötige Beitrag eines jeden Akteurs abhängig von der Stufe des Wertschöpfungskreislaufes, in der sich der Akteur gerade befindet. Abbildung 17 zeigt die von den Akteuren in diesem Wertschöpfungskreislauf zu leistenden Beiträge. Dies umfasst zum einen die Beiträge, die die Akteure der jeweiligen Stufe des Wertschöpfungskreislaufes erbringen müssen (beschrieben in den jeweiligen Kästen). Zum anderen zeigt sie die Beiträge der Akteure einer Stufe gegenüber den Akteuren einer anderen Stufe des Wertschöpfungskreislaufes (symbolisiert durch Pfeile).

Abbildung 17: Beiträge der Akteure in einem Wertschöpfungskreislauf

Eigene Abbildung



Der Beitrag der Akteure des Produktionsprozesses besteht darin, dass die Designer und Produzenten bei der Herstellung von Textilien, soweit es möglich ist die recycelten Materialien aus den Recyclingprozessen einplanen und nutzen. Zeitgleich gestalten und produzieren sie die Textilien so, dass sich diese erneut recyceln lassen können. Gegenüber dem Handel teilen sie die Informationen, welche Materialien und Inhaltstoffe in den Textilien enthalten sind. Diese Informationen teilen sie auch mit den Sortierern und Recyclern, damit diese die Textilien materialgerecht sortieren bzw. recyceln können. Zusätzlich arbeiten sie mit den Akteuren des Recyclings zusammen, indem sie ihnen Informationen zukommen lassen, welche Anforderungen sie an die Sekundärrohstoffe der Recyclingprozesse stellen.

Im Verkaufsprozess leistet der Handel einen Beitrag, in dem er – nach und nach - nur die Textilien verkauft, die recycelte Materialien enthalten und sich auch wiederum für das Recycling eignen. Dadurch steigt die Nachfrage bei den Produktionsakteuren nach genau diesen Produkten. Zusätzlich nutzt er die Informationen, die er aus dem Produktionsprozess erhalten hat, um seinen Kunden aufzuzeigen, welche Textilien den Ansprüchen der CE genügen.

Durch diese Transparenz kann der Konsument die Geschäftsmodelle in der Nutzungsphase unterstützen, indem er die Textilien kauft, welche den Ansprüchen der CE genügen. Dadurch steigt die Nachfrage nach dieser Art von Textilien beim Handel. Die Akteure der Entsorgungsphase, leisten ihren Beitrag, indem sie das Textil nach den Vorgaben der Akteure des Sammlungsprozesses einer abfallstromgerechten Entsorgung zuführen. Das bedeutet, dass sie die Textilien nach den vorgegebenen Anforderungen (trocken, sauber) an der richtigen Stelle (z.B. Container, Tonne) abgegeben.

Die Akteure des Sammlungsprozesses stellen im „ideal state" textilgerechte Abfallbehälter für die Akteure der Entsorgungsphase bereit und sorgen für eine fachgerechte Sammlung. Zeitgleich informieren sie die Akteure der Entsorgungsphase darüber, wie eine textilgerechte Entsorgung ablaufen muss (z.B. durch eine Aufschrift am Container). Die Alttextilien, die sie dann an die Sortierer liefern, befinden sich in dem Zustand, den der Sortierbetrieb benötigt, um die Sortierung der Textilien vornehmen zu können. Dies bedeutet, dass diese weder feucht noch verschmutzt sind und der Anteil an Störstoffen auf ein Minimum begrenzt ist.

Im Anschluss daran leisten die an der Sortierung beteiligten Akteure, ihren Beitrag, in dem sie die tragfähigen Alttextilien in angemessenen Märkten verkaufen. Das heißt, es dürfen möglichst nur die Textilien auf einem Second-Hand-Markt landen, bei denen klar ist, dass sie nach diesem „zweiten" Leben auch entweder wieder dem Wertschöpfungskreislauf oder zumindest einer geeigneten Abfallbehandlung zugeführt werden können. Des Weiteren sorgen sie dafür, dass die Textilien, die keinem Second-Hand-Markt zugeführt werden können, also die nicht-tragfähigen Textilien, materialgerecht sortiert werden. Die Informationen hierzu erhalten sie von den Akteuren Produktionsprozessen. Die

Sortierware wird nun von den Sortierern an den Abnehmer verkauft, der die höchste Stufe der Abfallhierarchie darstellt.

Die Recyclingakteure setzen die Recyclingverfahren ein, welche den höchsten Qualitätsoutput haben und zeitgleich den geringsten Input an Energie und Hilfsstoffen benötigen. Dass bedeutet, sie setzen die Verfahren ein, die eine kreislauffähige Rückgewinnung der Fasern ermöglichen. Zugleich lassen sie dabei den benötigten Input an Energie, Chemikalien, Wasser usw. bei der Auswahl des Verfahrens mit einfließen. Die Inputs, die sie benötigen, beziehen und behandeln sie dabei mit größter Sorgfalt (z.B. Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, Behandlung von Abwasser nach dem Stand der Technik usw.). Ihre Zusammenarbeit mit dem Sortierer besteht darin, dass sie diesem Informationen zu den benötigten Inputtextilien zukommen lassen. Das heißt, sie übermitteln ihm die Spezifikationen, die sie von einem Textil verlangen, welches in ihrem Prozess eingesetzt wird. Zusätzlich legen die Recycler gegenüber den Designern und Produzenten offen, woraus die von ihnen erzeugten Sekundärmaterialien bestehen (inkl. Angaben zu möglicherweise problematischen Inhaltsstoffen) und welche funktionalen Eigenschaften sie besitzen.

Die vorgenannten Beiträge der Akteure sind kritisch für den Erfolg der Geschäftsmodelle. Nur wenn alle Akteure ihren Beitrag leisten, lässt sich die Wertschöpfungskette zu einem Kreislauf schließen. Neuralgischer Punkt ist dabei die Gewinnung und Weitergabe der Informationen. Gelingt es nicht, diese Lücke effektiv und effizient zu schließen, sind die CE-orientierten Geschäftsmodelle nicht tragfähig. Es kommt daher darauf an, diejenigen Akteure für eine Mitwirkung zu gewinnen, die möglichst „nah“ an dem Ursprung der jeweiligen Information sind. Weil es für die Kreislauffähigkeit auf die Materialzusammensetzung ankommt, ist diese Rolle den am Herstellungsprozess beteiligten Akteuren zuzuordnen. In der Folge kommt es dann darauf an, die so gewonnenen Daten direkt so mit dem Textil zu verknüpfen, dass für die anderen Akteure die Daten möglichst einfach, also IT-gestützt auslesbar sind. Dabei ist der Faktor Zeit zu berücksichtigen. Im Moment, in dem nach dem Ende der Nutzungsphase über den weiteren Lebensweg zu entscheiden ist, können andere Informationen relevant sein (etwa im Hinblick auf beschränkte oder problematische und daher berichtspflichtige Stoffe) als zum Zeitpunkt der Herstellung. Aus diesem Grund ist im Zielzustand ein möglichst vollständiger Datenansatz zu Materialzusammensetzung anzustreben.

## 6.2
### Beitrag der absehbaren Änderungen auf die Tragfähigkeit abfallwirtschaftlicher Geschäftsmodelle über das Zieljahr 2025 hinaus

Dieser Abschnitt beschreibt, welche Änderungen in den Rahmenbedingungen absehbar sind und inwieweit damit die zuvor erarbeiteten Geschäftsmodelle für das Zieljahr 2025 tragfähig erscheinen. Dafür greift er zurück auf die ermessbaren normativen Entwicklungen, welche Abschnitt 2.3 aufführt. Hinzu kommen Erkenntnisse aus den Experteninterviews und der Literaturrecherche.

Vor allem auf europäischer Ebene sind substanzielle Änderungen zu erwarten sind. Bei einer Vielzahl dieser zu erwartenden Änderungen ist das Ausmaß und der Einfluss, den diese haben, jedoch noch ungewiss. Fest steht, dass Textilien ab dem Jahr 2025 getrennt gesammelt werden müssen. Das bedeutet sowohl für die Sortierer als auch für die Recycler einen höheren Input. Dies befördert die Wirtschaftlichkeit automatischer Sortieranlagen (siehe Abschnitt 5.2.2), da diese auf einen hohen Input angewiesen sind. Zeitgleich wird bei einem höheren Input die Vermarktung der sortierten Textilien an neue Abnehmer für die Sortierer interessanter. Hiervon kann die Informations-Plattform (siehe Abschnitt 5.2.1) profitieren, da die Sortierer nun an den Informationen und Spezifikationen der Recyclingindustrie interessiert sind. Dadurch profitieren auch die chemischen Recyclinganlagen (siehe Abschnitt 5.2.3), denn auch sie benötigt einen hohen Inputstrom um wirtschaftlich handeln zu können.

Die Einführung einer Datenbank, in welche die Lieferanten von Erzeugnissen Informationen gemäß Artikel 33 (1) REACH einstellen, könnte das Geschäftsmodell der automatischen Sortierung (siehe Abschnitt 5.2.2) zusätzlich unterstützen. Durch den Zugriff auf diese Datenbank, besteht für die Akteure die Möglichkeit, Textilien mit informationspflichtigen Stoffen auszusortieren; vorausgesetzt, eine automatisierte Erkennung der Textilien und der Abruf aus der Datenbank hat sich etabliert. Dadurch kann der Sortierer die Qualität seiner Fraktionen erhöhen und die Alttextilien noch gezielter an die nachfolgenden Akteure verkaufen, was ihm erhöhte Einnahmen ermöglicht. Abzuwarten bleibt jedoch, ob diese Datenbank von den Sortierern genutzt werden kann. So ist bislang nicht geklärt, wie der Sortierer die Daten dem Textil zuordnen kann und ob dieser den Zugriff auf die Datenbank in seine bestehenden Prozesse praktikabel einbauen kann.

Zusätzlich gibt es auf normativer Ebener noch Änderungen, die möglicherweise eintreten werden. Dies betrifft neben Zielvorgaben für Recycling und die Wiederverwendung von Textilien auch die Pflicht, ein EPR-System einzuführen oder Vorgaben aus der Ökodesign-Richtlinie umzusetzen. Bei diesen Änderungen ist noch nicht klar, ob und in welchem Umfang diese die Rahmenbedingungen verändern. Sicher ist jedoch, auch sie unterstützen die vorgestellten Geschäftsmodelle. In welchem Maße hängt jedoch von ihrer Umsetzung ab. Die programmatischen Äußerungen im „Green Deal“ und im NCEAP (siehe Abschnitt 2.3)

lassen jedoch darauf schließen, dass hier mit anspruchsvollen Vorgaben zu rechnen ist. Dies auch deshalb, weil diese wirtschaftlichen Aktivitäten innerhalb der EU befördern würden.

Neben den normativen Änderungen innerhalb der EU gibt es weitere Entwicklungen, die den Erfolg der erarbeiteten Geschäftsmodelle unterstützen. So glauben einige afrikanische Länder, dass der Import von Second-Hand-Textilien aus Europa ihre heimische Produktion beeinträchtigt. So erwägen etwa die Länder der Ostafrikanischen Gemeinschaft ein Verbot der Einfuhr von Altkleidern (Bukhari et al. 2018, S. 326–327). Außerdem wird der Anteil der nicht tragfähigen Alttextilien weiter steigen (Experteninterviews). Dies bedeutet, dass die Sortierer einen höheren Anteil an Alttextilien haben und gleichzeitig für die tragfähigen Textilien der Markt sinkt. Dadurch entsteht eine Deckungslücke bei den Sortierern, da sie zwar mehr Input haben, diesen aber nicht mehr auf dem Second-Hand-Markt verkaufen können. Sie müssen nun daran interessiert sein, die sortierten Textilien auch neuen Märkten zuzuführen. Hiervon profitieren die Recycler, die einen größeren Input an Textilien erhalten. Die stützt das Geschäftsmodell des chemischen Faser-zu-Faser-Recyclings (siehe Abschnitt 5.2.3). Zeitgleich sind die Sortierer nun daran interessiert, von den Spezifikationen und Anforderungen der Recycler zu erfahren. Dies fördert die Plattform, auf welcher sich Sortierer und Recycler austauschen können (siehe Abschnitt 5.2.1).

Des Weiteren ist anzunehmen, dass in den nächsten Jahren die die Preise für Naturrohstoffe (z.B. Baumwolle) zunehmend steigen werden. Das nicht mehr sichere Angebot an Naturrohstoffen steht einer höheren Nachfrage nach Frischmaterialien entgegen. Levi's®, ein Hersteller von u.a. Jeansprodukten, hat in seiner Faserstrategie für 2030 Baumwolle als bedeutendstes Rohstoffrisiko identifiziert. Bis 2020 sagen Experten ein weltweites Defizit von fünf Millionen Tonnen Baumwolle voraus (WRAP et al. 2019, S. 12). Durch diese Entwicklung steigt der Preis für Primärmaterialien und macht den Kauf von Sekundarmaterialien, wie recyceltem Zellstoff, erstrebenswert für die Hersteller. Solch eine Nachfrage nach Sekundärrohstoffen fördert nicht nur das Geschäftsmodell des chemischen Recyclings (siehe Abschnitt 5.2.3). Es hat auch eine Pull-Wirkung für die automatische Sortierung (siehe Abschnitt 5.2.2), da aufgrund der höheren Nachfrage nach Recyclingfasern mehr, nach Materialien sortierte, Fraktionen benötigt werden. Dies motiviert die Sortierer auch dazu, sich mehr für die Spezifikationen der Recycler zu interessieren, was wiederum die Nachfrage an verlässlichen Informationen der Kooperationsplattform (siehe Abschnitt 5.2.1) fördert.

Zuletzt gehen die Hersteller der Innovationen, auf denen die automatische Sortieranlage und das chemische Recycling beruhen (siehe Abschnitt 4.1.2 und 4.1.3), davon aus, dass sich die Technologien mit weiterer Entwicklung und Erfahrung stark verbessern und die Prozesse effizienter werden (Van Duijin und Papú Carrone 2020). Dies macht die Technologien finanziell lukrativer und lässt die erarbeiteten Geschäftsmodelle tragfähig erscheinen.

## 6.3
### Anreiz- und Hemmnis-Situation unter den veränderten Rahmenbedingungen im Vergleich zum Status Quo

Durch die neuen Geschäftsmodelle (siehe Abschnitt 5.2) und die Fortschreibung der Rahmenbedingungen (siehe Abschnitt 0) alterniert die Anreiz- und Hemmnis-Situation der Akteure. Allen voran durch das chemische Recycling, entsteht ein neues Angebot an Recyclingmaterialien, auf welches die Designer und Produzenten zugreifen können. Allerdings bestehen beim Preis noch Unsicherheiten, ob die recycelten Materialien mit den Primärmaterialien mithalten können.

Zusätzlich können die vorgestellten Geschäftsmodelle nicht die Nachfrage nach allen Materialspezifikationen erfüllen, da durch sie nur ein Angebot an Polyester und Zellstoff entstehen kann. Positiv ist, dass das chemische Recycling Chemikalien, die sich in Textilien befinden, aus dem Kreislauf auszuschleusen kann. Dadurch können die Recycler den Akteuren Informationen bzgl. der Inhaltsstoffe dieser Sekundärmaterialien bereitstellen. Durch den Austausch mit den Sortierern und Recyclern über die Plattform (siehe Abschnitt 5.2.1) wissen Designer, welche Möglichkeiten der Abfallbehandlung vorhanden sind und welche möglichen Sekundärrohstoffe aus diesen entstehen können. Jedoch fehlt ihnen weiterhin der Zugang zu Wissen und Informationen, die sie befähigen kreislauffähige Produkte herzustellen.

Auch für die Akteure der Abfallbehandlung ergeben sich Änderungen in ihrer Hemmnis-Situation. So verbessern die Geschäftsmodelle den Zugang zu Informationen bzgl. Materialien (siehe Geschäftsmodell automatische Sortierung in Abschnitt 5.2.2). Es fehlen jedoch weiterhin der Zugang zu Informationen der Akteure der Produktionsprozesse über die Chemikalien, die sich in den Alttextilien befinden. Die Einführung der getrennten Sammlung bringt einen höheren Input an Alttextilien mit sich. Dieser betrifft in erster Linie die Sortierer. Aufbauend darauf erhöht sich auch der Input für das chemische Recycling, da sich die Märkte für wiederverwendbare Textilien und textile Downcycling-Produkte wahrscheinlich verkleinern werden. Die Sortierer und Recycler können also mit einem höheren Input rechnen, der ihre Prozesse unterstützt. Zeitgleich ist nicht davon auszugehen, dass sich die Qualität der Alttextilien verbessert, da die Fast-Fashion-Industrie weiterhin Bestand hat.

Durch die neue Technologie der Geschäftsmodelle sinken die laufenden Kosten der Sortierprozesse, da diese effizienter arbeiten und weniger Material benötigen. Zusätzlich können die Sortierer durch die Plattform die Anforderungen der Recycler erfahren und so gezielt benötigten Sortierfraktionen bereitstellen. Durch den Einsatz von chemischem Recycling steigt auch die Nachfrage nach den hierfür benötigen Recyclingqualitäten.

Viele technische Schwierigkeiten lassen sich durch die neuen Geschäftsmodelle lösen. So können die Sortierer die Alttextilien nun, trotz fehlender und falscher Etiketten, nach Materialarten sortieren. Die Recycler können nun auch

Alttextilien behandeln, die für sie zuvor noch keinen Wert dargestellt haben. Andere technische Schwierigkeiten bleiben jedoch. Trotz des neuen Geschäftsmodells für Sortierer lassen sich die Textilien auf absehbare Zeit nicht nach allen Materialien und Inhaltsstoffen sortieren. Vor allem bei Multi-Materialien sind weiterhin Einschränkungen gegeben. Auch für die Recycler bleiben immer noch viele Textilien, die sich nicht für die neuen Recyclingprozesse eignen.

Tabelle 10 fasst die Veränderungen, die sich in der Anreiz- und Hemmnis-Situation ergeben zusammen (in grau). Sie zeigt, dass die absehbar veränderte Situation zwar einige Hindernisse abbaut. Jedoch bestehen weiterhin eine Reihe von Hemmnissen, die es den Akteuren erschweren, die Soll-Anforderungen einzuhalten.

Tabelle 10: Übersicht Anreiz- und Hemmnis-Analyse unter den veränderten Rahmenbedingungen

| Stufe der Abfallkette | Anreize | Hemmnisse |
|---|---|---|
| **Designer** | | |
| Produktion | – Vermeidung von Reputationsrisiken<br>– Unabhängigkeit gegenüber schwankenden Rohstoffpreisen bei Naturfasern | – Fehlendes Angebot an geeigneten Recyclingmaterialien<br>– Fehlender Zugang zu kreislaufrelevantem Wissen<br>– Fehlender Zugang zu Informationen über Inhaltsstoffe der recycelten Inputmaterialien<br>– Strukturelle Hindernisse in Großunternehmen<br>– Hoher Wettbewerbsdruck<br>– Hoher Stellenwert des „Geschäftsgeheimnisses“<br>– Hoher Aufwand beim Einholen und Teilen von Informationen<br>– Fehlende Nachfrage nach kreislauffähigen Textilien durch Konsumenten |
| **Produzent** | | |
| Produktion | – Unabhängigkeit ggü. schwankenden Rohstoffpreisen bei Naturfasern | – Fehlendes Angebot an geeigneten Recyclingmaterialien<br>– Fehlender Zugang zu kreislaufrelevantem Wissen<br>– Fehlender Zugang zu Informationen über Inhaltsstoffe der recycelten Inputmaterialien<br>– Hohe Marktmacht der Auftraggeber<br>– Hoher Wettbewerbsdruck |
| Entsorgung | | – Fehlender Zugang zu Wissen bzgl. der richtigen Entsorgung von Textilabfällen |
| **Händler** | | |
| Verkauf | – Vermeidung von Reputationsrisiken | – Hoher Wettbewerbsdruck<br>– Fehlender Zugang zu Informationen, die Auskunft über Kreislaufähigkeit von Produkten geben<br>– Fehlendes Angebot an kreislauffähigen Textilien<br>– Fehlende Nachfrage nach kreislauffähigen Textilien durch Konsumenten |
| Sammlung | | – Unterschiedliche normative Reglungen auf kommunaler Ebene |

| | | |
|---|---|---|
| **Konsument** | | |
| Nutzung | | – Fehlender Zugang zu Wissen und Informationen, die Auskunft über die Kreislauffähigkeit von Produkten geben<br>– Fehlender Zugang zu geeigneten Alternativen zu konventionellen Textilien |
| Entsorgung | – „Belohnungen“ von Bekleidungsmarken oder Händlern | – Fehlender Zugang zu Wissen bzgl. der richtigen Entsorgung von Alttextilien |
| **Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, gewerbliche Entsorgungsunternehmen und gemeinnützige Organisationen** | | |
| | | – Fehlender Zugang zu Informationen bzgl. Materialien und Chemikalien<br>– Undurchsichtige und komplexe Routen<br>– Fehlendes Verständnis und Transparenz bzgl. des normativen Abfallbegriffs<br>– Fehlende Planbarkeit bzgl. Quantität und Qualität von Alttextilien<br>– Hoher finanzieller Aufwand bei Investitionen in neue technische Lösungen |
| Sammlung | – Mehr Material in besserer Qualität sammeln | |
| Sortierung | – Wegfallen aktueller Märkte für Alttextilien<br>– Neue Absatzmöglichkeiten und -märkte | – Komplexität der Materialien<br>– Hohe Kosten bei Sortierung von Recyclingqualitäten<br>– Fehlende (technische) Lösungen für Prozessprobleme in den Sortierprozessen<br>– Fehlende Zugang zu Informationen bzgl. der vom Recycler benötigten Sortierfraktionen<br>– Fehlende Nachfrage nach Recyclingfraktionen durch die Recycler |
| Recycling | – Wegfallen aktueller Märkte für Recyclingprodukte<br>– Neue Absatzmöglichkeiten und -märkte | – Textilien nicht für Recycling designt<br>– Fehlende technische Lösungen für Prozessprobleme in den Recyclingprozessen<br>– Langfristige Planungszyklen für Entsorgungssicherheiten<br>– Hoher Stellenwert des „Geschäftsgeheimnisses“<br>– Fehlende Nachfrage nach Recyclingmaterialien durch die Hersteller |

## 6.4
## Verbleibendes Delta nach Änderungen der Rahmenbedingungen

Bis zum Zieljahr 2025 ändern sich absehbar sowohl die normativen als auch die marktlichen Rahmenbedingungen für die Akteure der Abfallkette. Dies induziert, wie vorstehend erläutert, technische Innovationen. In der Zusammenschau steigen damit zugleich die Chancen, neue Geschäftsmodelle erfolgreich zu etablieren. Damit wandelt sich die Anreiz- und Hemmnis-Situation der Akteure und mit ihr auch das Delta. Der folgende Abschnitt greift die vier erarbeiteten Lücken in den Rahmenbedingungen (siehe Abschnitt 3.5) auf und stellt deren Änderungen unter den neuen Rahmenbedingungen dar.

1. **Eingeschränkter Zugang zu Wissen und Informationen:** Zwar fördern die veränderten normativen Anforderungen und die neuen Geschäftsmodelle das Wissen und den Informationsaustausch zwischen den einzelnen Akteuren. Dies erreicht aber nicht alle Akteure. Daher fehlt immer noch an vielen Stellen Wissen und Informationen, um im Rahmen einer CE zu produzieren und zu konsumieren. Gerade für die Designer besteht weiterhin eine Informationslücke bzgl. den Möglichkeiten schon beim Produktionsprozess der Textilien den Grundstein für ihre Kreislauffähigkeit zu legen.
2. **Unzureichender Innovationsimpuls:** Infolge absehbarer Innovationen stellt die Technik in vielen Bereichen keine Hürde mehr dar, um neue Geschäftsmodelle zu generieren. Für eine Transformation in Richtung CE dürfte dies jedoch nicht ausreichen. Es ist wichtig, sowohl nach neuen, effizienteren Methoden und Techniken zu forschen als auch die aktuellen weiterzuentwickeln.
3. **Fehlende Wettbewerbsfähigkeit der Sekundärmaterialien:** Die absehbaren gegebenen Rahmenbedingungen gewährleisten nicht hinreichend, dass recycelte Materialien sich auf dem Markt behaupten können. Hier stellen nach wie vor die unsichere Nachfrage, die hohen Kosten und die günstigeren Primärrohstoffe Hindernisse dar.
4. **Eingeschränkte Transparenz:** Das Problem der fehlenden Transparenz ist weiterhin nicht vollständig gelöst. Die erarbeitenden Geschäftsmodelle unterstützen diese zwar in gewissem Maß, können jedoch keine vollkommene Transparenz entlang des kompletten Wertschöpfungskreislaufes ermöglichen.

Die Analyse zeigt, dass weitere Änderungen in den Rahmenbedingungen nötig sind, um das verbleibende Delta zu schließen.

## 6.5
## Gestaltungsoptionen zur Schließung des Rest-Deltas

Mögliche Gestaltungsoptionen zum Schließen des verbleibenden Deltas können an unterschiedlichen Ebenen ansetzten. Sie können aus Anpassungen in den rechtlichen Rahmenbedingungen (Makro-Ebene) sowie in den Kooperationsmechanismen zwischen den an der Circular Economy beteiligten wirtschaftlichen Akteuren (Meso-Ebene) bestehen.

### Ökodesign-Richtlinie für Textilien

Eine Ökodesign-Richtlinie ist geeignet das Delta an mehreren Stellen zu verkleinern. So kann die Ökodesign-Richtlinie unterstützen die fehlende Wettbewerbsfähigkeit der Sekundärmaterialien aufzuheben. Quoten für den Einsatz von Recyclingmaterialien stellen dabei ein direktes Instrument dar, wodurch die

Nachfrage nach Recyclingmaterialien steigt. Vorgaben in der Ökodesign-Richtlinie im Bereich eingesetztes Material (verringerte Materialmischungen) und eingesetzte Stoffe in Textilerzeugnissen können gezielt die Rezyklierbarkeit von Textilien verbessern. Zusätzlich sind Vorgaben im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie denkbar, die die Lebensdauer der Textilien betreffen. Wenn Langlebigkeit als Kriterium in die Richtlinie aufgenommen wird, sind die Designer gezwungen eine bestimmte Qualität der Materialien einzuhalten. Dies wiederum verbessert die Rahmenbedingungen für die Sortierer und Recycler, da diese mit höherwertigen Abfällen arbeiten können und dadurch Produkte mit höherem Wert erzielen. Durch diese Vorgaben kann die Ökodesign-Richtlinie auch ein Impulsgeber für neue Innovationen in der Designphase von Textilien werden. Zuletzt kann die Ökodesign-Richtlinie festlegen, dass eine detaillierte Material- und Stoffliste mit dem Produkt bereitgestellt werden muss. Das Produkt muss also den Zugang zu einer Liste aller im Produkt enthaltenen Inhaltsstoffe gewährleisten, und zwar mit Angabe des Reinheitsgrades oder der Mischung mit anderen Materialien sowie des Gewichtsanteils, den diese Materialien bis zu einem gewählten Schwellenwert (z.B. 1%) am Produkt ausmachen. Dies kann die Transparenz zwischen den Akteuren fördern. (Bauer et al. 2018).

### Harmonisierung von bestehenden Regelungen

Die Harmonisierung von bestehenden Regelungen ist eine Gestaltungsoption, die geeignet ist, die Transparenz innerhalb des Wertschöpfungskreislaufes weiter zu stärken, um auch diese Lücke in den Rahmenbedingungen zu schließen. So sichern Standards für recycelte Textilmaterialien, die Qualität der Sekundärrohstoffe und sichern dadurch das Vertrauen der Produktions-Akteure in diese Materialien. Zusätzlich präzisieren europaweite, einheitliche End-of-Waste-Kriterien für Textilien den Abfallstatus der Ressourcen und ermöglichen so die gleiche Ausgangssituation für die Abfallbehandlung von Textilien in Europa. Des Weiteren besteht die Möglichkeit die Abfallhierarchie der AbfRRL zu spezifizieren. Die Teilung der Hierarchiestufe Recycling in hochwertiges (z.B. Faser-zu-Faser-) Recycling und geringwertiges (z.B. Downcycling) Recycling erhöht z.B. die Transparenz bezüglich der Abfallbehandlungen und eröffnet so die Möglichkeit gezielte Vorgaben zu Recyclingquoten zu machen (Experteninterviews). Außerdem kann diese Teilung der Hierarchiestufen auch Innovationsimpulse in Bezug auf neue hochwertige Recyclingmethoden anregen.

### Steuerliche Gestaltungsoptionen

Gezielte Steuern können die Nachfrage nach recycelten Materialien unterstützen. Mögliche Arten wären hier Steuern auf Primärrohstoffe oder Senkung der Steuern von Produkten, die Recyclingmaterialien nutzen oder nicht recyclingfähig sind. Eine andere Möglichkeit bietet die Einführung einer Konsum- oder Umweltsteuer, bei der die Steuerlast von der Arbeit auf umweltverschmutzende Aktivitäten verlagert wird. (European Commission 2019e, S. 22). Somit sind die

steuerlichen Gestaltungsoptionen dazu geeignet das Delta im Bereich der fehlenden Wettbewerbsfähigkeit der Sekundärmaterialien zu verkleinern.

### Einführung eines EPR-Systems

Ein weiterer viel diskutierter Lösungsansatz ist die die flächendeckende Einführung eines EPR-Systems. Ein wichtiger Aspekt von EPR-Systemen ist, dass es sich um private Systeme handelt, die von der Regierung unterstützt werden. Das EPR- System fördert, dass alle mit dem Lebenszyklus eines bestimmten Produkts verbundenen Umweltkosten zum Marktpreis dieses Produkts addiert werden. Diese Kosten müssen vom Hersteller des Endprodukts getragen werden, typischerweise vom Markeneigentümer oder dem Unternehmen, das die Spezifikationen des Textils festlegt, entweder durch eigene Produktion oder durch Beschaffung zu einem bestimmten Preis und festgelegten Spezifikationen. Bestehende EPR-Programme funktionieren, weil von allen Partnern im Wertschöpfungskreislauf der Hersteller eine Schlüsselposition einnimmt, wenn es darum geht, das Produktdesign zu ändern, um den Abfall zu minimieren. Für die Modeindustrie bedeutet dies hohe EPR-Gebühren für nicht kreislauffähige Textilien, die mit hohen Kosten im Bereich Abfallbehandlung verbunden sind. Die Gebühren spiegeln somit den wahren Preis der Textilien wider und die Nachfrage nach kreislauffähigen Alternativen kann sich erhöhen. Wichtig ist, dass die Akteure die Systeme mit interpretationsfreien Regelungen und klaren Verantwortlichkeiten für Umsetzung, Kontrolle und Vollzug einführen. Bei guter Regierungsführung ermöglicht dieses Element der Selbstkontrolle der Industrie die Entwicklung maßgeschneiderter, innovationsfördernder Systeme (Manshoven et al. 2019, S. 42; Bukhari et al. 2018, S. 323–324).

### Kooperationsplattform für Designer

Eine Gestaltungsoption auf Meso-Ebene stellt eine Kooperationsplattform für Designer dar (RASUM-Praxisprojekt 2020). Dies kann eine Erweiterung des Geschäftsmodells in Abschnitt 5.2.1 darstellen. Dabei kann diese Plattform den Designern der Textilien gezielt Wissen und Informationen bzgl. den neusten Entwicklungen im Bereich Technik und Innovationen hin zu einer CE zur Verfügung stellen. Auch das Einbeziehen weiterer Tools für die Designer kann einen Teil zum Schließen des Deltas beitragen. So kann eine Live-LCA dem Designer schon im Planungsprozess anzeigen, welche Verbesserungspotenziale z.B. beim Materialverbrauch bestehen (Prox et al. 2017). Dadurch erhalten die Designer einen Anreiz Sekundärrohstoffe nachzufragen und neue innovative Ansätze zu entwickeln. Zusätzlich kann die Plattform den Austausch und die Kooperation zwischen den Designern unterstützen.

### Einführung eines Materialdeklarationssystems

Die Einführung eines MDS, wie in Abschnitt 4.1.1 beschrieben, stellt eine weitere Gestaltungsoption dar, die die Forderung der Ökodesign-Richtlinie nach Offenlegung der Materialien und Stoffe in den Textilien, umsetzten kann. Dadurch sind die Hersteller verpflichtet über den bestehenden Regelungen hinaus (Textilkennzeichnungsverordnung, REACH), Informationen bzgl. der Materialien und Inhaltsstoffe der Textilien an den kompletten Wertschöpfungskreislauf weiterzugeben. Dadurch erhöht die umfassende Materialdeklaration für die Textilbranche die Transparenz im Wertschöpfungskreislauf erheblich. Diese Transparenz führt auch dazu, dass sich das System als Impulsgeber für neue Innovationen sowohl in der Abfallbehandlung als auch in der Produktion von Textilien, eignet.

### Multi-Stakeholder-Initiativen

Auf Meso-Ebene können Multi-Stakeholder-Initiativen auf nationaler, europäischer oder globaler Ebene alle relevanten Akteure des Wertschöpfungskreislaufes einbeziehen und so Praktiken in Richtung CE entlang des Wertschöpfungskreislaufes fördern. Solche Selbstregulierungsmechanismen sehen Experten mittlerweile als mitentscheidend für die Förderung der CE im Textilsektor an, z.B. durch die kollektive Festlegung von Mindestwerten für den Gehalt an recycelten Materialien in der Textilproduktion (GIZ 2019, S. 31). Diese Initiativen können auch Informationskampagnen für Konsumenten bzgl. der richtigen Behandlung und Beseitigung von Textilien durchführen, damit auch diese die Transformation hin zu einer CE unterstützen können. Weitere Kampagnen können zur Sensibilisierung der Verbraucher bzgl. des Wertes von Rohstoffen dienen. Dadurch eignen sich Multi-Stakeholder-Initiativen, um den fehlenden Zugang zu Wissen und den fehlenden Informationsaustausch zwischen den Akteuren zu ermöglichen, aber auch dazu, um neue Innovationsimpulse in der Branche zu setzen.

Abbildung 18 zeigt eine Übersicht der einzelnen Gestaltungsoptionen und auf welchen Ebenen diese anzusiedeln sind. Zusätzlich stellt die Abbildung dar, zum Schließen welcher Lücken die jeweiligen Gestaltungsoptionen einen Beitrag leisten können. Dabei lässt sich feststellen, dass alle Gestaltungsoptionen in Frage kommen, um mindestens eine Lücke des identifizierten Deltas (teilweise) zu schließen. Deutlich wird, dass vor allem die Plattform für Designer geeignet scheint, alle Lücken des Deltas zu adressieren. Auch die Ökodesign-Richtlinie und das MDS können einen größeren Einfluss auf das Schließen des Deltas nehmen.

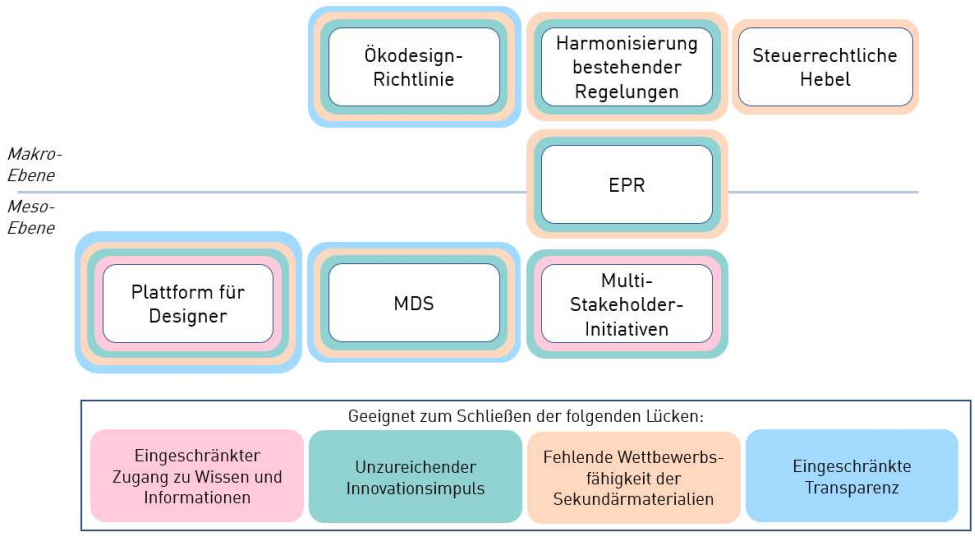



Abbildung 18: Mögliche Gestaltungsoptionen und ihre Eignung zum Schließen des Deltas

Eigene Abbildung

Manche dieser Gestaltungsoptionen werden bereits auf Makro-Ebene diskutiert (z.B. eine Änderung der Ökodesign-Richtlinie oder der ERP-Regelungen im Rahmen des New Circular Economy Packages), andere finden bereits in anderen Ländern Anwendung. Trotz alledem ist es wichtig, dass die geeigneten Lösungsansätze einheitlich und flächendeckend zum Einsatz kommen, damit das verbleibende Delta geschlossen werden kann.

# 7
## Beantwortung der Kernfrage

Dieses Kapitel beantwortet nun die in Abschnitt 1.2 gestellte Kernfrage: „Empfiehlt es sich, im Hinblick auf an den Anforderungen der Circular Economy ausgerichteten Geschäftsmodellen für Abfallunternehmen im Bereich Textilien, die Rahmenbedingungen auf Meso- oder Makro-Ebene zu verändern und – wenn ja – in welcher Weise?"

Die Anforderungen Geschäftsmodelle in Richtung CE bestehen aus vier Kriterien, welche aus unterschiedlichen Merkmalen gebildet werden. Dabei untersucht das erste Kriterium den Beitrag, welches das Geschäftsmodell zum Schließen des Wertschöpfungskreislaufes liefert. Es beinhaltet somit die Anforderungen, die durch die Abfallhierarchie der AbfRRL entstehen, und die Ziele des Circular Economy Packages und dem NCEAP. Das zweite Kriterium beschäftigt sich damit, inwieweit das Modell die Transparenz zwischen den Akteuren stärkt. Neben den Zielen des Circular Economy Packages und des NCEAP bildet es die Transparenz-Anforderungen aus REACH, der AbfRRL, sowie der sektorspezifischen Vorgaben, welche eine verbesserte Kommunikation und eine erhöhte Transparenz fördern und fordern, ab. Die letzten zwei Kriterien beschäftigen sich mit der Kreislauffähigkeit der Schlüsselaktivität und des Produktes des Geschäftsmodells. Damit decken diese Kriterien die Ziele des 10YFP und des NCEAP ab. Zusätzlich bilden die normativen Rahmenbedingungen auf allen Ebenen bzgl. Chemikalien die Grundlage für dieses Kriterium, z.B. die POP-Konvention und REACH, aber auch SDG 12.4 und die CE-Pakete der EU, welche einen umweltverträglichen Umgang mit Chemikalien fordern. Aktuell bestehen jedoch noch Lücken, die die Akteure hemmen die Soll-Anforderungen umzusetzen.

Die drei entwickelten Geschäftsmodelle für das Jahr 2025 beruhen auf innovativen Ansätzen zur Optimierung der Abfallbehandlung und sollen dabei helfen, die identifizierten Lücken zu schließen. Die Geschäftsmodelle setzen an drei unterschiedlichen Abschnitten der Abfallbehandlung an. So fördert das erste Geschäftsmodell durch seinen Plattformcharakter den Austausch zwischen den Akteuren und schafft es so, dass die Abfallunternehmen ihre gegenseitigen Anforderungen besser verstehen und dadurch ein gezieltes Angebot und eine realistische Nachfrage schaffen können. Zusätzlich ermöglicht diese den Austausch zwischen Abfall- und Herstellungsunternehmen, wodurch diese ihr Vertrauen in die Abfallbranche und somit auch in die Sekundärrohstoffe stärken können. Das zweite Geschäftsmodell verbessert den Sortierungsvorgang von Alttextilien mithilfe der NIR-Technologie. Durch die dargestellte automatische Sortieranlage können die Akteure neue, nach Materialien sortierte, Fraktionen anbieten und genauere Informationen über die Materialzusammensetzung an die nachfolgenden Akteure weitergeben. Das letzte Geschäftsmodell schafft mit einer Anlage für Faser-zu-Faser-Recycling einen Weg, auch aus Mischge-

webe, bestehend aus Polyester und Baumwolle, Sekundärfasern wiederzugewinnen. Dies eröffnet zum einen die Möglichkeit auch diese Art von Textilien hochwertig zu recyceln. Zum anderen kann dieses Verfahren andere Stoffe von den Abfällen abtrennen und so die genauen Inhaltsstoffe der Sekundärrohstoffe garantieren. Die Bewertung der Geschäftsmodelle anhand der erarbeiteten Kriterien, macht jedoch deutlich, dass diese die Soll-Anforderungen noch nicht erfüllen können. Grund sind verbleibende Lücken in den Rahmenbedingungen, auch für das Zieljahr 2025. So hemmen unzureichende Innovationsimpulse die Forschung und Entwicklung von neuen Technologien und Geschäftsmodellen bis zur Marktreife und darüber hinaus. Die fehlende Wettbewerbsfähigkeit der Sekundärrohstoffe hemmt die Akteure zusätzlich neue Geschäftsmodelle zu nutzen. Auch der eingeschränkte Zugang zu Wissen und die teilweise weiterhin fehlenden Informationen und Transparenz zwischen den Akteuren des Wertschöpfungskreislaufes halten die Entwicklung zusätzlich auf.

Die Kernfrage lässt sich letztendlich damit beantworten, dass die Rahmenbedingungen zu erweitern sind, damit neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle im Bereich Textilien den normativen Anforderungen auf allen Ebenen begegnen können und sich auf dem Markt etablieren können. Dabei sind unterschiedliche Gestaltungsoptionen zum Schließen des Deltas denkbar. Vor allem eine Plattform zur Kooperation für die Designer und die Einführung eines MDS auf Meso-Ebene, aber auch eine Ökodesign-Richtlinie für Textilien auf Makro-Ebene stellen Optionen dar, die sehr geeignet sind die Rahmenbedingungen zu verändern. Zusätzlich können auch weitere Gestaltungsoptionen, wie die Harmonisierung bestehender Regelungen, Multi-Stakeholder-Initiativen und die EPR, helfen die passenden Rahmenbedingungen für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle im Bereich Textilien zu schaffen.

Die vorgestellten Lösungsansätze sind teilweise sehr komplex und mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Um die Effizienz und Effektivität zu erhöhen, sollten die Akteure gemeinsame Ansätze finden. Dabei sollten nicht nur die Akteure des Wertschöpfungskreislaufes enger kooperieren, sondern auch mit den normativen Akteuren auf den unterschiedlichen Ebenen gemeinsam an der Umsetzung der Lösungsansätze arbeiten.

# 8
## Fazit und weiterer Forschungsbedarf

Diese Thesis widmet sich der Kernfrage: „Empfiehlt es sich, im Hinblick auf an den Anforderungen der Circular Economy ausgerichteten Geschäftsmodellen für Abfallunternehmen im Bereich Textilien, die Rahmenbedingungen auf Meso- oder Makro-Ebene zu verändern und – wenn ja – in welcher Weise?"

Der Aufbau der Untersuchung orientiert sich an der Delta-Analyse der Sonderforschungsgruppe Institutionenanalyse, welche einen Soll- und einen Ist-Zustand gegenüberstellt und die Lücken dazwischen (das Delta) identifiziert. Aufbauend auf dem Delta entwickelt die Analyse Lösungsansätze, die dazu beitragen sollen, das Delta zu verringern. Das daraus resultierende Rest-Delta gilt es im Anschluss mit Gestaltungsoptionen weiter zu schließen.

Im ersten Schritt ermittelt Kapitel 2 das Soll, welches sich aus den normativen Rahmenbedingungen auf globaler, europäischer und deutscher Ebene bildet. Die Analyse beruht hierbei auf den Rechtstexten und den Erläuterungen in Drittquellen. Aus den Rahmenbedingungen ergaben sich Anforderungen an die Akteure, die diese mit neuen abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodellen begegnen wollen. Abschnitt 2.4 strukturierte diese Anforderungen als übersichtliches Kriterienraster, mit dem neue Geschäftsmodelle hinsichtlich ihrer Eignung gegenüber den Soll-Anforderungen und somit den Anforderungen der CE entwickelt und getestet werden können.

Kapitel 3 untersuchte den Ist-Zustand in Bezug auf die abfallwirtschaftliche Behandlung von Alttextilien und textilen Abfällen. Das Kapitel arbeitete heraus, welche Anreize- und Hemmnisse die Akteure bei der Entwicklung und Einführung neuer abfallwirtschaftlicher Geschäftsmodelle im Textilbereich unterstützen bzw. behindern. Zum Abschluss identifizierte das Kapitel das Delta in Form der Lücken in den Rahmenbedingungen, die neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in einer CE behindern. Neben der fehlenden Technik und den fehlenden Innovationen im Bereich Abfallwirtschaft, identifizierte dieses Kapitel die fehlende Wettbewerbsfähigkeit der Sekundärrohstoffe, der fehlende Zugang zu Wissen und Informationen für die Akteure und die fehlende Transparenz zwischen den Akteuren als Defizite.

Die zwei folgenden Kapitel entwickelten daraufhin Lösungsansätze, die das identifizierte Delta verringern sollten. Dafür untersuchte Kapitel 4 innovative Ansätze zur Optimierung der Behandlung von Alttextilien. Aufbauend darauf entwickelt diese Arbeit in Kapitel 5 drei neue Geschäftsmodelle im Bereich Abfallwirtschaft für Textilien und bewertete diese anhand des Kriterienrasters. Die Erarbeitung der Geschäftsmodelle erfolgte dabei auf Grundlage der Innovationsanalyse und von leitfadengestützten Experteninterviews. Die Kapitel machten deutlich, dass die Geschäftsmodelle, die Soll-Anforderungen noch nicht

vollständig erfüllen können. Die Hürden liegen hier in der richtigen Zusammenarbeit der Akteure, dem erzielten Preis für die Abfallbehandlungsprodukte und den Chemikalien in den Abfällen.

Auf Grundlage dieser Hürden identifizierte Kapitel 6 die verbleibenden Lücken in den Rahmenbedingungen, die der Grund sind, weshalb die Geschäftsmodelle die Soll-Kriterien nicht erfüllen können. Dadurch arbeitete das Kapitel das verbleibende Delta heraus. Dieses besteht aus unzureichenden Innovationsimpulsen, die die Entwicklung von neuen Technologien und Geschäftsmodellen bis zur Marktreife und darüber hinaus hemmen. Zusätzlich behindert die fehlende Wettbewerbsfähigkeit der Sekundärrohstoffe die Akteure weiterhin dabei neue Geschäftsmodelle zu nutzen. Auch der eingeschränkte Zugang zu Wissen und Informationen sowie die teilweise fehlende Transparenz zwischen den Akteuren des Wertschöpfungskreislaufes hemmen die Entwicklung. In einem letzten Schritt beschrieb das Kapitel Gestaltungsoptionen auf Meso- und Makro-Ebene, welche die gegenwärtigen Rahmenbedingungen erweitern und so ein Umfeld schaffen, in dem Geschäftsmodelle nach den Kriterien der CE entwickelt werden können. Dabei zeigt sich, dass sich vor allem eine Kooperationsplattform für Designer, die Ökodesign-Richtlinie für Textilien und die Einführung eines MDS als geeignet erweisen, bei der Schließung des Deltas mitzuwirken. Kapitel 7 beantwortet die Kernfrage indem es die durchgeführten Analysen resümiert und die nötigen Änderungen in den Rahmenbedingungen aufzählt.

Die in dieser Thesis geführte Untersuchung kommt somit zu neuen Erkenntnissen in Bezug auf die nötigen Rahmenbedingungen für neue abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle in der CE. Sie präsentiert eine Reihe von Handlungsoptionen für die Akteure auf Meso- und Makroebene, welche die bestehenden Maßnahmen erweitern und Lücken in den Rahmenbedingungen schließen. Darüber hinaus bieten die in Abschnitt 2.4 gelisteten Kriterien den Akteuren ein Raster, mit dessen Hilfe sie ihre neuen abfallwirtschaftlichen Geschäftsmodelle hinsichtlich ihrer Eignung in Richtung CE abprüfen und verbessern können. Zuletzt stellt diese Arbeit in Kapitel 4 eine Untersuchung neuer Innovationen in der Abfallbehandlung von Textilien und in Kapitel 5 drei neue Geschäftsmodelle zur Verfügung, die den Akteuren als Grundlage für ihre Unternehmenskonzepte dienen können.

Gleichzeitig lässt sich feststellen, dass diese Untersuchung das Thema nicht in allen Facetten beleuchten konnte. Die Betrachtung aus Sicht eines Außenstehenden auf die vielfältigen Akteure der gesamte Textilbranche führt dazu, dass nicht alle Aspekte detailliert erfasst und behandelt werden können. Die ermittelten nötigen Änderungen in den Rahmenbedingungen können folglich nur als Anhaltspunkte gelten, die es im Einzelfall genauer zu durchleuchten und zu erweitern gilt. Es besteht somit weiterer Forschungsbedarf.

Die Gestaltungsoptionen machen deutlich, dass bei der Veränderung der Rahmenbedingungen für abfallwirtschaftliche Geschäftsmodelle auch die Akteure,

die nicht direkt mit der Abfallbehandlung zu tun haben, eine große Rolle spielen. Zum Schließen des Kreislaufs bedarf es also weitere Lösungsansätze gerade für die Akteure der Wertschöpfungsprozesse. Diese müssen sich vor allem auch auf die Vermeidung von Abfällen beziehen. Dies soll zeigen, dass die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Lösungsansätze keinen Anreiz darstellen sollen noch mehr zu produzieren und den Überkonsum weiter anzuregen. Dabei fallen den Produktdesignern in diesem Zusammenhang eine Schlüsselrolle zu. Denn entscheidend ist, dass diese sich schon im Entwicklungsprozess darüber Gedanken machen, wie das Produkt verwertet werden soll.

Zuletzt betrachtet diese Arbeit die Rahmenbedingungen nur in westlichen Ländern. Die Rahmenbedingungen in den Ländern, die den überwiegenden Teil der Textilproduktion durchführen, unterscheiden sich jedoch von diesen in beträchtlichem Maße. Die Akteure in diesen Ländern sehen sich mit ganz anderen Hemmnissen konfrontiert und es kann nicht von ihnen erwartet werden, dass sie wie westliche Nationen handeln und denken. Deswegen werden weitere Untersuchungen nötig sein, um auch passende Ansätze für diese Länder zu entwickeln

# 9
# Literatur

Aistrich, Matti; Vilenius, Pia (2015): Service-based business models & circular strategies for textiles. Online verfügbar unter https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/stjm/20160330092502/Service-based-business-models-and-circular-strategies-for-textiles-2015-SITRA-STJM.pdf, zuletzt geprüft am 30.05.2020.

Bartl, Andreas (2019): End-of-Life Textiles. In: T. M. Letcher und Daniel A. Vallero (Hg.): Waste. A handbook for management / edited by Trevor M. Letcher, Daniel A. Vallero. Second edition. Amsterdam: Academic Press, S. 323–336.

Bartlett, Caroline; McGill, Ian; Willis, Peter (2013): Textiles flow and market development opportunities in the UK. A study to determine textile consumption and arisings in the UK, the end pathways for these textiles when they reach the end of their first life, and opportunities for future market development and investment., zuletzt geprüft am 01.07.2020.

Bauer, Bjørn; Watson, David; Gylling, Anja; Remmen, Arne; Lysemose, Michael Hauris; Hohenthal, Catharina; Jönbrink, Anna-Karin (2018): Policy Brief - Ecodesign Requirements for Textiles and Furniture: Nordic Council of Ministers.

Blanch-Perez-del-Notario, Carolina; Lambrechts, Andy (2016): Hyperspectral Imaging for textile sorting and recycling in industry. Resyntex project. Coventry, UK (Hyperspectral Imaging & Applications Conference, 12-13.10.2016). Online verfügbar unter http://www.resyntex.eu/images/downloads/HSI_2016_paper_final.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2020.

BMU (2018): Die 2030-Agenda für Nachhaltige Entwicklung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/2030-agenda/, zuletzt aktualisiert am 20.07.2018, zuletzt geprüft am 09.05.2020.

BMU (2019): Weltweiter Bann für drei gefährliche Chemikalien. Online verfügbar unter https://www.bmu.de/pressemitteilung/weltweiter-bann-fuer-drei-gefaehrliche-chemikalien/, zuletzt aktualisiert am 05.06.2019, zuletzt geprüft am 09.05.2020.

Bogner, Alexander; Menz, Wolfgang (2009): Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Boiten, Valérie Julie; Li-Chou Han, Sara; Tyler, David (2017a): Circular economy stakeholder perspectives: Textile collection strategies to support material circularity. Studie im Rahmen des EU Projektes "Resyntex". In: *International Fibre Recycling Symposium* 6th. Online verfügbar unter http://resyntex.eu/images/downloads/ValrieJBoiten_Textile_collection_strategies.pdf, zuletzt geprüft am 09.04.2020.

Boiten, Valérie Julie; Li-Chou Han, Sara; Tyler, David (2017b): Step by step towards the Circular Economy. In: *Textiles: The official magazine of the Textile Institute* I, S. 14–15.

Bukhari, Mohammad Abdullatif; Carrasco-Gallego, Ruth; Ponce-Cueto, Eva (2018): Developing a national programme for textiles and clothing recovery. In: *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA* 36 (4), S. 321–331. DOI: 10.1177/0734242X18759190.

Bundesinstitut für Risikobewertung (2012): Einführung in die Problematik der Bekleidungstextilien. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 041/2012 des BfR vom 6. Juli 2012. Online verfügbar unter https://www.bfr.bund.de/cm/343/einfuehrung-in-die-problematik-der-bekleidungstextilien.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2020.

Control Union Certifications (2020): GRS - GLOBAL RECYCLE STANDARD. Online verfügbar unter https://certifications.controlunion.com/de/certification-programs/certification-programs/grs-global-recycle-standard, zuletzt geprüft am 27.02.2020.

Elander, Maria; Ljungkvist, Hanna (2016): Critical aspects in design for fiber-to-fiber recycling of textiles. Mistra Future Fashion. Stockholm (A Mistra Future Fashion Report 2016, 1). Online verfügbar unter http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2016/06/MFF-report-2016-1-Critical-aspects.pdf, zuletzt geprüft am 02.03.2020.

Ellen MacAthur Foundation (2017): A-New-Textiles-Economy_Full-Report. Online verfügbar unter https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/A-New-Textiles-Economy_Full-Report.pdf, zuletzt geprüft am 20.11.2019.

Englund, Finn; Wedin, Helena; Ribul, Miriam; de la Motte, Hanna; Östlund, Asa (2017): Textile Tagging to enable automated sorting and beyond. A report to facilitate an active dialogue within the circular textile industry. Mistra Future Fashion; RISE Research Institute of Sweden. Östlund (A Mistra Future Fashion Report, 2018:1). Online verfügbar unter http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2018/03/AutoSort-report-D4.3.4_3.pdf, zuletzt geprüft am 02.03.2020.

Environmental Audit Committee (2019): Fixing fashion. Clothing consumption and sustainability. House of Commons (Session 2017–19, 16th Report), zuletzt geprüft am 01.06.2020.

EuRIC (2019): Top 5 Priorities of the Recylcling Industry for the Period 2019-2024. Realising the internal market for recycling to boost the circular economy and combat climate change.

Eurochambres (2019): The circular economy. Challenges, Opportunities and Pathways for European Businesses. Final Report. Online verfügbar unter https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular_economy_report_-_eurochambers.pdf, zuletzt geprüft am 09.03.2020.

European Commission (2014): COM(2014) 398 final/2. Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Hin zu einer Kreislaufwirtschaft: Ein Null-Abfallprogramm für Europa. Brüssel.

European Commission (2015a): Closing the loop: Commission adopts ambitious new Circular Economy Package to boost competitiveness, create jobs and generate sustainable growth. Pressemitteilung vom 20/12/2015. Brüssel. Brivio, Enrico; Caudet, Lucia; McPhie, Tim. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_15_6203, zuletzt geprüft am 27.02.2020.

European Commission (2015b): COM (2015) 614 final: Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. Brüssel. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/DE/1-2014-398-DE-F2-1.Pdf, zuletzt geprüft am 27.02.2020.

European Commission (2018a): COM(2018) 20 final. Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Änderung der Richtlinie 2006/112/EG in Bezug auf die Mehrwertsteuersätze. Brüssel. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/taxation_customs/sites/taxation/files/18012018_proposal_vat_rates_de.pdf, zuletzt aktualisiert am 18.01.2018, zuletzt geprüft am 16.04.2020.

European Commission (2018b): SWD(2018) 20 final: Commission Staff Working Document. Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über die Umsetzung des Pakets zur Kreislaufwirtschaft: Optionen zur Regelung der Schnittstelle zwischen Chemikalien-, Produkt- und Abfallrecht. European Commission. Brüssel. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/docsroom/documents/27321/attachments/1/translations/en/renditions/native, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

European Commission (2019a): COM(2019) 640 final: Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Der europäische Grüne Deal. Brüssel. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF, zuletzt geprüft am 02.04.2020.

European Commission (2019b): Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. Circular Economy. Brüssel. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy_en, zuletzt geprüft am 02.04.2020.

European Commission (2019c): Kommission von der Leyen bringt europäischen Grünen Deal auf den Weg. Pressemitteilung vom 11/12/2019. Guske, Claudia; Hönighaus, Reinhard. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/germany/news/20191211-green-deal_de, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

European Commission (2019d): SWD 90 final: Commission Staff Working Document accompanying the document. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Eonomic and Social Committee and the Committee of the Regions on the implementation of the Circular Economy Action Plan (COM(2019) 190 final). European Commission. Brüssel. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019SC0090&from=EN, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

European Commission (2019e): SWD(2019) 92 Final Commission Staff Working Document. Sustainable Products in a Circular Economy - Towards an EU Product Policy Framework contributing to the Circular Economy. European Commission. Brüssel, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

European Commission (2019f): Development of guidance on extended producer responsibility (EPR). Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/environment/archives/waste/eu_guidance/introduction.html, zuletzt aktualisiert am 02.08.2019, zuletzt geprüft am 15.04.2020.

European Commission (2020a): COM(2020) 98 final: MITTEILUNG DER KOMMISSION. Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft -Für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa. Brüssel. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF, zuletzt aktualisiert am 11.03.2020, zuletzt geprüft am 16.04.2020.

European Commission (2020b): SWD(2020) 100 final Commission Staff Working Document. Leading the way to a global circular economy: state of play and outlook. European Commission. Brüssel. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/leading_way_global_circular_economy.pdf, zuletzt geprüft am 30.03.2020.

Fischer, Dr. Corinna; Moch, Katja; Prakash, Siddharth; Teufel, Dr. Jenny; Stieß, Dr. Immanuel; Kresse, Sarah; Birzle-Harder, Barbara (2019): Nachhaltige Produkte – attraktiv für Verbraucherinnen und Verbraucher? Eine Untersuchung am Beispiel von elektronischen Kleingeräten, Funktionsbekleidung, Möbeln und Waschmitteln Studie im Rahmen des Forschungsprojektes „Ökologisches Design als Kaufkriterium bei Verbraucherinnen und Verbrauchern stärken“ UBA Text 11/2019, zuletzt geprüft am 04.04.2020.

Fontell, Paula; Heikkilä, Pirjo (2017): Model of circular business ecosystem for textiles. VTT Technology. Tampere.

Generalversammlung (2015): Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015. Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Vereinte Nationen. Online verfügbar unter https://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf?OpenElement=, zuletzt geprüft am 16.05.2020.

GIZ (2019): Circular Economy in the textile sector. Study for the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ). Online verfügbar unter https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/giz_report_circular_economy_textile_sector_2019_final.pdf, zuletzt geprüft am 24.04.2020.

Gläser, Jochen; Laudel, Grit (2012): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.

Hale, Mike (2020): Using data on harmful chemicals to improve circularity. Safer Chemical Conference. ECHA, 02.06.2020. Online verfügbar unter https://echa.europa.eu/documents/10162/29558259/06_mike_hale_scc2020_en.pdf/40ffcc71-e55b-339d-1dad-0a05426904e3, zuletzt geprüft am 05.06.2020.

Heikkilä, Pirjo; Cura, Kirsti; Heikkilä, Jouko; Hinkka, Ville; Ikonen, Tina; Kamppuri, Taina et al. (2019): Telaketju: Towards Circularity of Textiles. Hg. v. Pirjo Heikkilä. VTT Technical Research Centre of Finland (VTT Research Report, No. VTT-R00062-19). Online verfügbar unter https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/24214371/VTT_R_00092_19.pdf, zuletzt geprüft am 29.01.2020.

Henrich, Philipp (2020): Preis von Baumwolle im Welthandel in den Jahren 1960 bis 2019. Statista. Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/444231/umfrage/baumwollpreis-im-welthandel/, zuletzt aktualisiert am 05.03.2020, zuletzt geprüft am 09.04.2020.

Humpston, Giles; Willis, Peter; Tyler, David James; Han, Sara Li-Chou (2014): Technologies for sorting end of life textiles (Technical Report for WRAP, MPD007-014). Online verfügbar unter http://mistrafuture-fashion.com/wp-content/uploads/2019/10/G.-Peters.-LCA-on-Blended-Fabrics.-Mistra-future-fashion-report.pdf, zuletzt geprüft am 18.03.2020.

ILO (2017): Purchasing practices and working conditions in global supply chains: Global Survey restults. INWORK Issue Brief No. 10. Genf. Online verfügbar unter https://www.die-gdi.de/uploads/media/DIE_Publikation_Textilwirtschaft_2019.pdf, zuletzt geprüft am 31.05.2020.

Jacobs, Kathleen; Petersen, Lars; Hörisch, Jacob; Battenfeld, Dirk (2018): Green thinking but thoughtless buying? An empirical extension of the value-attitude-behaviour hierarchy in sustainable clothing. In: *Journal of Cleaner Production* 203, S. 1155–1169. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.320.

Kamppuri, Taina; Heikkilä, Pirjo; Pitkänen, Marja; Hinkka, Ville; Viitala, Janika; Cura, Kirsti et al. (2019): Tunnistusteknologiat tekstiilien kierrätyksessä. VTT Technical Research Centre of Finland. Tampere (VTT Tutkimusraportti, Nr. VTT-R-00092-19). Online verfügbar unter https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/24214371/VTT_R_00092_19.pdf, zuletzt geprüft am 05.03.2020.

Kietz, Dr. Eberhard; Notter, Harald; Strecker, Silvia; Zietlow, Brigitte (2018): Anforderungen an die Erfassung, Sortierung und Verwertung von Alttextilien. Vollzugshilfe und praktische Empfehlungen für Ausschreibungen. Arbeitspapier der Länder BW, NW, SN und des UBA. Umweltbundesamt.

Kleihauer, Silke (2016): Transdisziplinäre Delta-Analyse als verhaltenswissenschaftlicher Forschungsansatz. Darmstadt. Online verfügbar unter https://www.sofia-darmstadt.de/wir-ueber-uns/delta-analyse, zuletzt geprüft am 12.03.2019.

Korolkow, Julia (2015): Konsum, Bedarf und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. im Augtrag des bvse - Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. Online verfügbar unter https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---travail/documents/publication/wcms_556336.pdf, zuletzt geprüft am 19.05.2020.

Larsson, Mats (2018): Circular business models. Developing a sustainable future / Mats Larsson. Basingstoke, Hampshire: Palgrave Macmillan.

Lee, Peter; Sims, Edward; Bertham, Olivia; Symington, Harry; Bell, Nia; Pfaltzgraff, Lucie et al. (2017): Towards a circular economy - waste management in the EU. Study. Brussels: European Parliament.

Liu, Xiangyang; Kokare, Chandrakant (2017): Microbial Enzymes of Use in Industry. In: Biotechnology of Microbial Enzymes: Elsevier, S. 267–298.

Lottner, Dr. Ulrich (2012): Alttextilien und das Neue Kreislaufwirtschaftsgesetz. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Online verfügbar unter https://www.abfallratgeber.bayern.de/publikationen/abfallvermeidung/doc/alttextilien_vortrag.pdf, zuletzt geprüft am 20.01.2020.

Manshoven, Saskia; Christis, Maarten; Vercalsteren, An; Arnold, Mona; Nicolau, Mariana; Lafon, Evelyn et al. (2019): Textiles and the environment in a circular economy. European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy. Mol (Eionet Report, ETC/WMGE 2019/6).

McCarthy, Andrew; Helf, Matthias; Börkey, Peter (2019): Business Models for the Circular Economy: OECD. Online verfügbar unter https://www.oecd-ilibrary.org/sites/g2g9dd62-en/1/1/2/index.html?itemId=/content/publication/g2g9dd62-en&_csp_=f6c52d6e498bc965ab3e449882b5af7b&itemIGO=oecd&itemContentType=book, zuletzt geprüft am 01.06.2020.

Napier, Elizabeth; Sanguineti, Francesca (2018): Fashin Merchandisers' Slash and Burn Dilemma: A Consequence of Over Production and Excessive Waste? In: *Rutgers Business Review* 3 (2), S. 159–174. Online verfügbar unter https://rbr.business.rutgers.edu/sites/default/files/documents/rbr-030205.pdf, zuletzt geprüft am 31.05.2020.

Niederberger, Marlen; Wassermann, Sandra (Hg.) (2015): Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung. Wiesbaden: Springer VS. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-01687-6, zuletzt geprüft am 27.04.2020.

Notman, Nina (2020): Recycling clothing the chemical way. Salisbury (Chemistry World). Online verfügbar unter https://www.chemistryworld.com/features/recycling-clothing-the-chemical-way/4010988.article, zuletzt aktualisiert am 30.03.2020, zuletzt geprüft am 30.03.2020.

Osterwalder, Alexander; Pigneur, Yves (2011): Business Model Generation. Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer. Frankfurt: Campus Verlag.

Palmer, Trevor (2001): The chemical nature of enzyme catalysis, enzymes: Biochemistry, biotechnology and clinical chemistry. Cambridge: Horwood Publishing.

Peters, Greg; Spak, Björn; Sandin, Gustav (2019): LCA on recycling of blended fiber fabrics. In: *Mistra Future Fashion report* 2019:14. Online verfügbar unter http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2019/10/G.-Peters.-LCA-on-Blended-Fabrics.-Mistra-future-fashion-report.pdf, zuletzt geprüft am 27.04.2020.

Piribauer, Benjamin; Bartl, Andreas (2019): Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review. In: *Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA* 37 (2), S. 112–119. DOI: 10.1177/0734242X18819277.

Prox, Martina; Genest, Andreas; Klein, Mieke; Schiffleitner, Andreas (2017): Increasing Primary Data Used In LCA Along The Value Chain – How Industrial Digitalization Will Change The Way We Perform LCA. Online verfügbar unter https://www.ifu.com/fileadmin/user_upload/umberto/events/2017/LCAXVII_Poster_Live-LCA-Increasing-Primary-Data.pdf, zuletzt geprüft am 07.06.2020.

RASUM-Praxisprojekt (2020): Praxisprojekt mit der VAUDE Sport GmbH & Co. KG: Green Shape 3.0 & Circular Economy. Hochschule Darmstadt. Darmstadt.

Remy, Nathalie; Speelman, Eveline; Swartz, Steven (2016): Style that's sustainable: A new fast-fashion formula. Online verfügbar unter https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Style%20thats%20sustainable%20A%20new%20fast%20fashion%20formula/Style-thats-sustainable-A-new-fast-fashion-formula-vF.ashx, zuletzt geprüft am 09.03.2020.

Roos, Sandra; Sandin, Gustav; Peters, Greg; Spak, Björn; Schwarz Bour, Lisa; Perzon, Erik; Jönsson, Christina (2019): White paper on textile recycling. Mistra Future Fashion. Mölndal (Mistra Future Fashion report number, 2019:09). Online verfügbar unter http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2019/10/S.-Roos.-White-paper-on-textile-recycling.-Mistra-Future-Fashion.pdf, zuletzt geprüft am 02.03.2020.

Sands, Philippe; Peel, Jacqueline; MacKenzie, Ruth (2012): Principles of International Environmental Law. 3rd. Cambridge: Cambridge University Press.

Schenten, Julian; Führ, Martin (2018): Sustainable Production and Consumption (SPC). In: Ludwig Krämer und Emanuela Orlando (Hg.): Encyclopedia of Environmental Law - Principles of Environmental Law. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Schenten, Julian; Führ, Martin; Kleihauer, Silke; Schönborn, Joana (2019): Traceability as driver for more sustainable chemistry in the global textile supply chains. In: *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 19, S. 87–93. DOI: 10.1016/j.cogsc.2019.08.003.

Schenten, Julian; Führ, Martin; Lennartz, Leonie (2018): EU Traceability of Substances in Articles: Supply chain Communication Challenges and the Perspective of Full Material Declaration (FMD). In: *elni Review*, S. 32–38.

Sihvola, Eetu Pilli; Rantasila, Karri; Hinkka, Ville; Permala, Antti (2014): The European approach to addressing RFID privacy. In: *IJRFITA* 4 (3), S. 260–271. DOI: 10.1504/IJRFITA.2014.063923.

Stamm, Andreas; Altenburg, Tilman; Müngersdorff, Maximilian; Stoffel, Tim; Vrolijk, Kasper (2019): Soziale und ökologische Herausforderungen der globalen Textilwirtschaft: Lösungsbeiträge der deutschen Entwicklungszusammenarbeit, zuletzt geprüft am 31.05.2020.

Statista (2019a): Produktion von Naturfasern weltweit nach Faserart im Jahr 2018. Hg. v. M. Hohmann. Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/690177/umfrage/produktion-von-naturfasern-weltweit/, zuletzt aktualisiert am 02.07.2019, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

Statista (2019b): Weltproduktion der Chemiefaser-Industrie nach Chemiefaserarten in den Jahren 2000 bis 2018. Hg. v. M. Hohmann. Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/176748/umfrage/weltproduktion-der-chemiefaser-industrie-nach-chemiefaserarten/, zuletzt aktualisiert am 07.08.2019, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

Swedish Chemicals Agency (2014): Chemicals in textiles – Risks to human health and the environment, Report from a government assignment. Report 6/14, zuletzt geprüft am 01.06.2020.

Tailorlux GmbH (2019): Lösungen für Produktschutz und Integrität, Authentizität, Transparenz. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-19_texte_11-2019_nachhaltige-produkte.pdf.

UNECE (2018): High level political forum side event 10 July 2018. UN Partnership on sustainable fashion and the SDGs. UNECE. Online verfügbar unter https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/2018/20180716/UN_Partnership_on_Sustainable_Fashion_programme_as_of_6-7-2018.pdf, zuletzt aktualisiert am 16.05.2020.

UNEP (2018): Stockholm Convention on persisten organic pollutants (POPs). Text and Annexes. Secretariat of the Stockholm Convention. Stockholm.

UNEP (2019): Global Chemical Outlook II. From legacies to innovative solutions, implementing the 2030 agenda for sustainable development. United Nations. Online verfügbar unter https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28113/GCOII.pdf?sequence=1&isAllowed=y, zuletzt geprüft am 16.05.2020.

United Nations (1992): Rio-Erklärung über Umwelt und Entwicklung. Rio de Janeiro. Online verfügbar unter https://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/rio.pdf, zuletzt geprüft am 20.03.2020.

United Nations (2012): Letter dated 18 June 2012 from the Permanent Representative of Brazil to the United Nations addressed to the Secretary-General of the United Nations Conference on Sustainable Development. A 10-year framework of programmes on sustainable consumption and production patterns. United Nations. Online verfügbar unter https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/CONF.216/5&Lang=E, zuletzt geprüft am 13.03.2020.

United Nations (2019): UN News. UN launches drive to highlight environmental cost of staying fashionable. Online verfügbar unter https://news.un.org/en/story/2019/03/1035161, zuletzt aktualisiert am 16.05.2020.

United Nations (2020): UN Alliance for sustainable fashion. Online verfügbar unter https://unfashionalliance.org/, zuletzt geprüft am 16.05.2020.

Van Duijin, Hilde; Papú Carrone, Natalia (2020): The technology to close the loop on textiles is here- now it's time for action. Fibersort Webinar. Circle Economy, 12.03.2020.

Watson, David (2016): Exports of Nordic used textiles. Fate, benefits and impacts. [Copenhagen, Denmark]: Nordic Council of Ministers.

Watson, David; Elander, Maria; Gylling, Anja Charlotte; Andersson, Tova; Heikkilä, Pirjo (2017): Stimulating Textile-to-Textile Recycling: Nordic Council of Ministers, zuletzt geprüft am 05.05.2020.

WBCSD: 8 Business Cases for the Circular Economy. World Business Council of Sustainable Development. Genf. Online verfügbar unter https://www.wbcsd.org/lkbyd, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

Wedin, Helena; Gupta, Chetan; Mzikian, Pailak; Englund, Finn; Hornbuckle, Rosie; Troppenz, Vittoria et al. (2017): Can automated NIR technology be a way to improve the sorting quality of textile waste. Best available techniques for large scale operational technology to automatically sort non-traceable recycled textiles. EU trash-2-cash-project. Research Institutes of Sweden. Online verfügbar unter https://issuu.com/trash2cash/docs/report4/2, zuletzt geprüft am 09.06.2020.

Weller, Dr. Ines (2017): Wider ‚besseres' Wissen? - Zum Spannungsverhältnis von Mode und Ökologie aus Sicht von Verbraucher*innen. Jahreskonferenz 2017 des Netzwerks Verbraucherforschung. Netzwerk Verbraucherforschung. Berlin, 26.10.2017.

Wijkman, Anders; Skånberg, Kristian; Berglund, Mårten (2016): The Circular Economy and Benefits for Society Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. Club of Rome. Online verfügbar unter http://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf, zuletzt geprüft am 02.05.2020.

Wilts, Henning; Rainer, Lucas; Gries, Nadja von; Zirngiebl, Marthe (2014): Recycling in Deutschland - Status quo, Potenziale, Hemmnisse und Lösungsansätze. Studie im Auftrag der KfW Bankengruppe. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.

Wolde, Arthur ten; Korneeva, Polina (2019): Circular-Fashion-Advocacy. A strategy towards a circular fashion. Online verfügbar unter https://ecopreneur.eu/wp-content/uploads/2019/03/EcoP-Circular-Fashion-Advocacy-Report-28-3-19.pdf, zuletzt geprüft am 09.04.2020.

WRAP; Girn, Dr. Tom; Livingstone, Dr. Craig; AP Benson Limited; Calliafas, Peter; Petros EcoSolutions Ltd (2019): Fibre to fibre recycling: An economic & financial sustainability assessment. Identification of and recommendations to overcome barriers to the development of post-consumer, closed loop clothing recycling in the UK. WRAP.

# 10
# Anhang - Leuchtturmprojekte mit innovativen Ansätzen

Tabelle 11: Technologie zur Informationsweitergabe

| **Technologie zur Informationsweitergabe** | | | |
|---|---|---|---|
| **Technologieart** | **(Projekt-) Name (Laufzeit)** | **Beteiligte Organisationen (Land)** | **Ziel des Projektes/Produktes** |
| **Materialdeklarationssystem** | Circular Content Management System | Dutch aWEARness<br><br>Improvement IT | Eine neue cloudbasierte Plattform für das Lieferkettenmanagement verspricht mehr Transparenz und hilft den Herstellern beim Übergang zu zirkulären Modellen, angefangen bei der Bekleidungsindustrie. In Zusammenarbeit mit dem Software-Anbieter Improvement IT hat das niederländische Unternehmen aWEARness aus den Niederlanden ein Online-Software-Tool namens Circular Content Management System (CCMS) auf den Markt gebracht, dass bei der Verfolgung und Rückverfolgung von Kleidungsstücken und ihren Materialien hilft. Das System ist ein Online-Tool mit integrierten Track-and-Trace-Diensten. Es ermöglicht dem Kunden, genau zu sehen, welche Materialien im Produktionsprozess verwendet wurden, wer das Kleidungsstück hergestellt hat und welche Auswirkungen die Produktion des Kleidungsstücks auf die Umwelt hat. |
| **Radio Frequency Identification** | Tex-IT (2018-2021) | RISE Almedahls, Boer Group, Boxon AB, FIDRA UK, Filippa K Group AB, Fristads Kansas AB, Föreningen Emmaus Björkå, Gina Tricot AB, GS1 Sweden, Innovatum AB, Peak Performance Production AB, RISE Acreo, RISE SICS, Rudholm & Haak, SIS - Swedish Standards Institute, Stadium Aktiebolag und weitere (Schweden) | Hauptziel des Projekts ist es, die Grundlage für ein auf RFID basierendes digitales System zu schaffen, um zirkuläre textile Wertschöpfungsketten zu erreichen. RISE hat bereits das Potenzial der Technologie verifiziert. Außerdem hat das Projekt eine Reihe von Bereichen identifiziert, die einer eingehenden Analyse und einer Erweiterung des Wissens bedürfen. Die Zukunftsvision ist ein auf RFID-Etiketten basierendes System mit vielfältigen Funktionalitäten, das den Bedürfnissen der verschiedenen Akteure in der textilen Wertschöpfungskette gerecht wird. Das spezifische Ziel dieses Projekts ist der Aufbau von Wissen und Kompetenz in Bezug auf:<br>- Modell eines Informationssystems<br>- System zur Datenerfassung<br>- Überblick über bestehende Normen und Abbildung des Normungsbedarfs<br>- Kostenberechnungen und Bewertung des ROI (Return on Investment)<br>- Implikationen der Integration digitaler Informationsträger in Textilprodukte |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | RFID-Chips in Silikonhülle | RFIDsolutions e.K. | Das Unternehmen stellt RFID-Lösungen auf Gebieten des Abfallmanagements, Wäschemanagements und Ausdauersportarten zur Verfügung. Ihre RFID-Produkte können, geschützt durch eine Silikonhülle, in einer kleinen Tasche am Produkt (bspw. am Schlafsack, Zelt oder der Innentasche einer Jacke) angebracht werden. Als zweite Möglichkeit kann der Chip als elastisches Band in den Saum der Bekleidung eingearbeitet werden. |
| | Eon.ID-Faden | Eon.ID (USA) | EON-ID hat den ersten RFID-Tag in Form eines Fadens entwickelt, der in Textilien integriert werden kann, um die Transparenz über den gesamten Lebenszyklus zu erhöhen. Die integrierte RFID-Technologie hat das Potenzial, die Materialtransparenz während des gesamten Produktlebenszyklus sowie das Recycling zu fördern. |
| | circularity.ID | circular.fashion (Deutschland) | Circular.fashion stellt RFID-Etiketten zur Verfügung, welche an das Kleidungsstück angebracht werden können. Dadurch erhält der Kunde Informationen über das Kleidungsstück (Produktion, Materialien, Reinigungsanweisungen usw.). Zusätzlich ermöglichen die Etiketten die Sicherstellung von Reverse-Logistik-Vorhaben. |
| **Marker-Technologie auf Materialebene** | Tailorsafe | Textilforschungsinstitut Thüringen Vogtland e. V., TailorluxSolutions (Deutschland) | Ursprünglich als Plagiatsschutz entwickelt, können die Lumineszenzpigmente des Tailor-Safe-Produktes Materialien aller Art mit einem Marker versehen. Die Pigmente sind nahezu unzerstörbar und chemisch inert. Dadurch verbleibt die Markierung auch nach Weiterverarbeitung im Werkstoff und kann auch im finalen Produkt nachgewiesen werden. Dies birgt die Chance, dass die Markierungen zur rascheren Identifikation von Inhaltsstoffen und Eigenschaften beitragen können und so die Materialsteuerung und die Wiederverwertung unterstützen. |

Tabelle 12: Sortiertechnologie

| **Sortiertechnologie** | | | |
|---|---|---|---|
| **Technologieart** | **(Projekt-) Name (Laufzeit)** | **Beteiligte Organisationen (Land)** | **Ziel des Projektes/Produktes** |
| Nahinfrarotspektroskopie | Fibersort Projekt (2016-2020) | Circle Economy Smart Fibersorting B.V.<br>Valvan Baling Systems<br>Stichting Leger des Heils ReShare<br>Worn Again Technologies Ltd.<br>Procotex Corporation S.A.<br>(Belgien/Niederlande) | Ergebnis des Fibersort-Projektes ist ein (Halb-)Automatisches Sortiersystem, welches Post-Consumer-Textilien nach den folgenden drei Kriterien sortieren kann: Faserzusammensetzung, Farbe (bei zusätzlichem Sensor), gewebte oder gestrickte Materialien. Fibersort verfügt über eine umfangreiche Datenbank mit heutigen Materialien und kann bis zu einem Kleidungsstück pro Sekunde verarbeiten. Die Trennung erfolgt per Luftstrom. Fibersort ist die erste kommerziell erhältliche textilindustrielle Sortieranlage. Die Anlage hat eine Sortiergenauigkeit von 82-96% je nach Material. Nach den Berechnungen von Valvan kann Fibersort etwa 1200 kg Alttextilien pro Stunde sortieren und erfordert dazu zwei Vollzeitbeschäftigte zur Textilzuführung. Die erste Version der Hardware wurde bereits nach China verkauft. Eine Fibersort-Linie einschließlich Analysator, Erkennungssoftware, Spektrumsbibliothek, Logikprogramm und mechanischer Teile kosten laut Angaben eines Valvan-Vertreters rund 350.000 Euro. |
| | SIPTex Projekt (2019-2021) | IVL Swedish Environmental Research Institute, Sysav, Tomra und etwa zwanzig Partner: Marken (H&M, IKEA usw.), Sortierunternehmen (Boer), Recyclingunternehmen (re:newcell), Umweltagentur, Chemieagentur usw.<br>(Schweden/Norwegen) | Das SIPTex-Projekt begann 2015 mit einer Vorstudie. Es wurde dann von 2016 bis 2018 mit dem Bau einer Pilotanlage fortgesetzt, die 12 Monate lang in Betrieb war. Für die Tests wurde eine optische Sortiermaschine von TOMRA, verwendet. Seit 2019 hat das Projekt mit dem Bau einer Textilsortieranlage im industriellen Maßstab in Malmø (SIPTex 3) eine neue Dimension erreicht. Diese soll im Jahr 2020 in Betrieb gehen und schrittweise eine Kapazität von 16.000 Tonnen pro Jahr erreichen. Die Sortieranlage wird in den ersten zwei Jahren von der schwedischen Innovationsagentur finanziert, aber das Ziel ist, dass sie mittelfristig rentabel ist. |
| | Teleketju /REISKAtex Projekt (seit 2017) | LSJH (öffentlicher Entsorgungsbetrieb), Forschungsinstitute, Universitäten, Sammelun- | Telaketju ist ein Netzwerk und eine Gruppe von Projekten, die seit 2017 die Entwicklung eines Textilrecyclingstroms in Finnland zum Ziel hat. Neben den verschiedenen Projekten hat die Hochschule für angewandte Wissenschaften in Lahti |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | ternehmen, Recyclingunternehmen usw. | eine automatisierte Sortierlinie gebaut und Tests durchgeführt (Projekt REISKAtex). Auf der Grundlage dieser Erfahrungen hat der Betreiber LSJH nun ein Projekt zum Bau einer Textilsortieranlage im Südwesten Finnlands in Angriff genommen. LSJH arbeitet dabei mit Sensoren von Spectral Engines. Im Jahr 2019 entwickelten sie ein Textilerkennungsmodell. Zunächst planen sie den Einsatz der Spektrometrie zur Unterstützung der Handsortierung und zur Durchführung von Tests. Dann soll der Sensor in die automatische Sortiermaschine integriert werden. Langfristig und insbesondere im Hinblick auf die Erfüllung der europäischen Anforderungen an die selektive Textilsammlung im Jahr 2025 wollen sie ihr Material-Sortiersystem auf alle regionalen Abfallentsorgungsunternehmen in Finnland ausweiten. |
| Hyperspectral Imaging | RESYNTEX Projekt (2015-2019) | Soex Textilvermarktungsgesellschaft, weitere Partner aus: Industrieverbänden, Unternehmen, KMU und Forschungsinstituten (Deutschland) | RESYNTEX ist ein Forschungsprojekt, das die Schaffung eines neuen Konzepts der CE für die Textil- und Chemieindustrie zum Ziel hat. Es zielt darauf ab, in industrieller Symbiose aus untragbaren Textilabfällen Sekundärrohstoffe zu erzeugen. Im Rahmen des RESYNTEX-Projekts wurde der Prototyp einer kleinen Sortierlinie mit einem Förderband und HI entwickelt. Hierbei handelt es sich um Testgeräte bei denen die Zufuhr und Trennung der Textilien nicht automatisiert ist. Das RESYNTEX-Projekt endete im Frühjahr 2019. Soex entwickelt den Prototyp jedoch weiter. |

Tabelle 13: Recyclingtechnologie

| **Recyclingtechnologie** | | | |
|---|---|---|---|
| **Technologieart** | **(Projekt-) Name (Laufzeit)** | **Beteiligte Organisationen (Land)** | **Ziel des Projektes/Produktes** |
| Biochemisches Recycling | The green Machine (2016-2020) | The Hong Kong Research Institute of Textiles and Apparel (HKRITA) H&M Foundation (Hong Kong SAR) | Das Hong Kong Research Institute of Textiles and Apparel (HKRITA) entwickelt, in Partnerschaft mit der H&M Foundation, Lösungen für die Wiederverwertung von Textilmischungen zu neuen Stoffen und Garnen. Ein Teil des Projektes zielt dabei auf die Untersuchung des biochemischen Recyclings von Textilabfällen ab. Dabei sollen Glukose und synthetisches Fasern aus den Abfällen gewonnen werden. Enzyme wie Zellulose und β-Glucosidase werden verwendet, um biologisch abbaubare Textilien wie Baumwolle und Wolle zu Glukose abzubauen, während die nicht biologisch abbaubaren Textilien wie Polyester und Polyamid nach der enzymatischen Hydrolyse für die textile Anwendung zurückgewonnen werden. Die Technologie soll am Ende umfassend lizenziert werden, um einen breiten Marktzugang und eine maximale Wirkung zu gewährleisten. |
| | Tex2Mat (2017-2019) | ecoplus Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH, HUYCK.WANGNER Austria GmbH Starlinger & Co GmbH, Multiplast Kunststoffverarbeitung GmbH, Ing. Gerhard Fildan GmbH, Technische Universität Wien, Montanuniversität Leoben, Universität für Bodenkultur Wien, Thermoplastkreislauf GmbH und weitere | Ziel des Projekts TEX2MAT ist es, für gezielt ausgewählte Anwendungsbereiche (Arbeitskleidung, Handtücher, technische Vliese) einen idealtypischen, KMU-tauglichen Ablaufprozess für qualitätsgesichertes, stoffliches Recycling von multi-materialen Textilabfällen zu entwickeln. Schlüsselelemente des neuen TEX2MAT-Prozesses sind Technologien und Methoden zur enzymatischen Trennung und Aufbereitung von Alttextilien aus Polyester, Polyamiden sowie Mischgeweben. Die so getrennten Materialien werden charakterisiert und in Qualitätsklassen sortiert (A-Faser textilgeeignet für direkt geschlossenen Kreislauf, B-Faser beschränkt textiltauglich für indirekt geschlossenen Kreislauf, C-Faser textiluntauglich für den offenen Kreislauf). Mittels Faseraufbereitungstechnologien und Granulierung / Compoundierung werden die gewonnenen Rohstoffe der Verarbeitung zu Fasern oder Spritzgussteilen zugeführt. In 3 konkreten Case-Studies entsprechend den unterschiedlichen Stoffströmen wurde der Prozess praktisch erprobt und der Nachweis erbracht, dass aus multi-materialen Alttextilien wieder hochqualitative Produkte herstellbar sind. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Chemisches Recycling | WornAgain | WornAgain (UK) | Das Verfahren trennt Baumwolle von Polyester und recycelt die Fasern zu Zellulose, welche in Viskose (einer Naturfaser) verwendet werden kann, und Polyester. Nur 0,1 % der Fasern gehen bei diesem Prozess verloren, und es gibt keine Verkürzung der Faserlängen oder Qualitätsminderung. Darüber hinaus zeigen die bisherigen Tests, dass dieses Verfahren Polyester nicht nur "wirtschaftlich", sondern auch zum Preis von konventionellem Polyester, d.h. wettbewerbsfähig, recyceln kann. Der erste Schritt des Prozesses ist die Trennung und Rückgewinnung von Polyester und Baumwolle, gefolgt von unterschiedlichen Verarbeitungsansätzen je nach Faserart. Polyester wird aufgelöst, eingebettete Verunreinigungen werden extrahiert und ein Harz als Zwischenprodukt hergestellt. Das Harz wird dann zu einem Polymer verarbeitet und in neuwertigen Polyester umgewandelt. Dabei wird das Polyester nicht in Monomere depolymerisiert, sondern in Polymere aufgelöst und wiedergewonnen, was zu Energieeinsparungen im Vergleich zu anderen Recyclingtechnologien führt. Der Energieverbrauch ist jedoch immer noch vergleichsweise hoch. Im Falle von Baumwolle erfolgt das Auflösen mit der Entkopplung von Farbstoffen sowie Verunreinigungen, gefolgt von der Trennung zur Herstellung eines Zellstoffs. 20 % der Verunreinigungen können herausgefiltert werden, und es ist ein breites Spektrum von Inputs möglich, da reine und gemischte Materialien verwendet werden können. Das Verfahren ist derzeit kostspielig, aber das Ziel ist es, preislich mit Frischmaterialien zu konkurrieren. |
| | The green Machine (2016-2020) | The Hong Kong Research Institute of Textiles and Apparel (HKRITA) H&M Foundation (Hong Kong SAR) | Das Verfahren ist vergleichsweise gut entwickelt und wird derzeit in einer Testanlage angewandt, die im September 2018 in Hongkong eröffnet wurde. Der Ansatz ist in der Lage Baumwolle- und Polyestermischungen mithilfe einer chemischen und hydrothermischen Behandlung unter Druck zu neuen Geweben und Garnen zu verarbeiten. Die zu Zellulosepulvern verarbeitete Baumwolle wird jedoch nicht in einem geschlossenen Kreislauf für neue Kleidungsstücke verwendet, sondern für funktionelle Produkte wie superabsorbierende Materialien. Die im Prozess verwendeten Chemikalien sind biologisch abbaubar, jedoch ist der Energieverbrauch ist aufgrund der erzeugten Wärme und des Drucks ziemlich hoch. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Trash-2-Cash (2015-2018) | RISE (Research Institutes of Sweden), Aalto University School of Arts, Design and Architecture, Celanese, CIDETEC, The Copenhagen Business School, Grado Zero Innovation, Maier, Reima, SOEC, SÖKTAS, Swerea IVF, TEKO, Tekstina, University of the Arts London, VTT (Schweden) | Die Ioncell-F-Technologie, welche im Rahmen des Projektes untersucht wurde, kann baumwollreiche Textilabfälle in neue Zellulosefasern umwandeln. Nach einem speziellen Vorbehandlungs- und Veredelungsprozess löst eine schlagarme ionische Flüssigkeit die Baumwollfasern auf und entfernt andere Materialien wie Polyester, die dann ebenfalls separat recycelt und wieder zur Herstellung neuer Fasern verwendet werden können. Es handelt sich um ein nachhaltiges geschlossenes System, was bedeutet, dass fast alle Chemikalien zurückgewonnen werden. Die Polyesteranteile werden auf molekularer Ebene wieder in ihre Grundelemente zurück zerlegt. Mithilfe von Niedrigtemperaturtechnologie können die Polyestermoleküle von allen anderen unerwünschten Substanzen befreit und wieder zu neuen Polyesterfasern "repolymerisiert" werden. |
| | Blend Re:wind (2011-2017) | Chalmers University of Technology, RISE Research Institute of Sweden, Södra (Schweden) | Das Projekt konzentriert sich auf das chemische Recycling von Polyester/Baumwoll- (Polycotton-) Fasermischungen. Ziel war, Polyestermonomere und Baumwollzellstoff, der sich für die Regeneration zu Textilfasern aus Zellulose (wie z.B. Viskosefasern) aus Alttextilien zu gewinnen. Hierfür wurden die einzelnen Komponenten chemisch aufgetrennt und danach die relevanten Outputs für die zukünftige industrielle Nutzung erzeugt. |