



Herausragende Masterarbeiten

Studiengang

Nachhaltige Entwicklungszusammenarbeit, M.A.

Autor*in

Diana Stefan

Masterarbeitstitel

**Textilrecycling:
Die Bedeutung geschlossener Kreisläufe für die
Transformation der Bekleidungsindustrie**

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1. Einleitung.....	1
2. Die Bedeutung des Textilrecyclings für die nachhaltige Entwicklung.....	3
2.1 Kennzahlen zur Textil- und Bekleidungsindustrie	3
2.1.1 Umsatzvolumen.....	3
2.1.2 Produktionsvolumen und Faseranteile	4
2.1.3 Der Einfluss der Faserpreise auf das Textilrecycling.....	7
2.2 Dimensionen und Ursachen textiler Abfallaufkommen.....	7
2.3 Arten und Zusammensetzung von Alttextilien:	9
2.3.1 Entstehungskategorien textiler Abfälle	9
2.3.2 Materialzusammensetzung textiler Abfallströme	10
2.4 Der Exportmarkt für Alttextilien	11
2.5 Zur Notwendigkeit des Textilrecyclings.....	16
3 Grundlagen des Textilrecyclings	19
3.1 Textile Recyclingarten und wichtige Begrifflichkeiten.....	19
3.2 Die gesetzlichen Rahmenbedingungen	21
3.2.1 Textilkennzeichnungsverordnung (EU) Nr. 1007/2011.....	22
3.2.2 Abfallrahmenrichtlinie (EU) 2008/98/EG (WFD).....	22
3.2.3 Ökodesignverordnung (EU) 2024/1781 (ESPR).....	23
3.2.4 Abfallverbringungsverordnung (EU) 2024/1157	24

3.3	Sammlung und Sortierung von Alttextilien	24
3.3.1	Die separate Sammlung der Alttextilien	24
3.3.2	Die Sortierung der Alttextilien	25
3.4	Textile Recyclingverfahren	27
3.4.1	Mechanisches und thermomechanisches Textilrecycling	27
3.4.2	Chemisches Textilrecycling	29
3.4.3	Thermochemisches Textilrecycling	32
3.4.4	Möglichkeiten und Grenzen der Verfahren.....	33
4	Analyse aktueller textiler Recyclingstrukturen	35
4.1	Der Kantamanto Markt in Ghana	35
4.1.1	Struktur und Organisation des Kantamanto-Marktes.....	35
4.1.2	Abfallentsorgungswege	37
4.1.3	Textilkultur in Ghana vs. Abfallkolonialismus	38
4.1.4	Textilrecycling in Ghana und auf dem Kantamanto Market	39
4.1.5	Potentiale und Hindernisse des Textilrecyclings am Kantamanto Markt... 40	
4.2	Vietnam	41
4.2.1	Die Bedeutung der vietnamesischen TBI für das Textilrecycling	41
4.2.2	Textile Abfallströme in Vietnam	44
4.2.3	Textilrecycling in Vietnam	45
4.2.4	Potentiale und Hindernisse des Textilrecyclings in Vietnam.....	47
4.3	Pakistan	48
4.3.1	Die Bedeutung der pakistanischen TBI für das Textilrecycling	48
4.3.2	Textile Abfallströme in Pakistan	51
4.3.3	Textilrecycling in Pakistan.....	52

4.3.4	Potentiale und Hindernisse des Textilrecyclings in Pakistan	53
4.4	Prato in Italien	55
4.4.1	Struktur und Organisation des textilen Industriegebietes in Prato	55
4.4.2	Kreislaufwirtschaft in Prato	57
4.4.3	Textilrecycling in Prato.....	59
4.4.4	Potentiale und Hindernisse des Textilrecyclings im TD Prato	61
5	Weiterentwicklung des Textilrecyclings: Potentiale und Zukunftsperspektiven	63
5.1	Weiterentwicklungen auf Produktebene.....	63
5.2	Verfahrensbezogene Weiterentwicklungen im Textilrecycling.....	65
5.3	Orte für Weiterentwicklungen	67
6	Schlussfolgerung und weiterer Forschungsbedarf	69
	Literaturverzeichnis.....	LXXI
	Anhang	LXXXIV
	Eigenständigkeitserklärung	LXXXVIII

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Globale Faserproduktion in Mio. t	4
Abb. 2: Abfallhierarchie mit Textilfokus.....	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Exporte von Alttextilien (2019-2024)	13
Tabelle 2: Importe von Alttextilien (2019–2024)	14
Tabelle 3: Textilabfälle in Pakistan 2023 in t.....	51

Abkürzungsverzeichnis

APTMA	All Pakistan Textile Mills Association
BRIC	Brasilien, Russland, Indien und China
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CMT	Cut, Make, Trim
FOB	Free on Board
GIDA	Gestione Impianti Depurazione Acque
GRS	Global Recycling Standard
NIR	Near Infrared / Nahinfrarot
OEM	Original Equipment Manufacturing
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen
RDF	Refuse Derived Fuel
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
TBI	Textil- und Bekleidungsindustrie
TD	Textildistrikt
TR	Textilrecycling
TRL	Technology Readiness Level
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UN Comtrade	United Nations Commodity Trade Statistics Database
VIS	Visible Light

1. Einleitung

Seit Jahrzehnten lässt sich ein stetiges Anwachsen des globalen Abfallaufkommens beobachten. Dies beinhaltet auch große Mengen entsorgter Textilien. Die Gründe für den Anstieg des Textilabfalls sind vielfältig. Eine Ursache liegt in der unzureichenden Implementierung zirkulärer Produktions- und Konsummodelle durch die gegenwärtig linear ausgerichtete globale Textil- und Bekleidungsindustrie (TBI). Dazu gehört auch, dass die TBI bisher nicht in der Lage war, ein Product Lifecycle Management für ihre Produkte zu etablieren, in welchem bereits im Stadium der Produktentwicklung und des Designprozesses die Recyclingfähigkeit mitgedacht wird. Aber auch indirekte Ursachen, wie die globale Entwicklung und das Bevölkerungswachstum tragen dazu bei, dass das Abfallaufkommen wächst, weil die Zahl der Konsumenten stetig steigt.

Die Unternehmen hingegen sehen sich mit einem wachsenden Ressourcenbedarf konfrontiert und müssen sich für die Zukunft mit dem Thema Ressourcenknappheit auseinandersetzen. Die Industrie ist stark abhängig von dem Einsatz primärer Rohstoffe, wie fossile Brennstoffe, oder dem anspruchsvollen Anbau von Naturfasern. Dazu benötigt sie eine Vielzahl von Chemikalien, um aus den Primärfasern Textilien und Bekleidung herstellen zu können. Die vielen ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Belastungen durch diese Industrie sind seit Jahren sichtbar, haben nun aber auch zunehmend negative Auswirkungen auf das eigene Geschäftsmodell (z. B. durch die Folgen des Klimawandels). Durch (Ultra-) Fast Fashion ist ein Markt entstanden, der zu großen Teilen von preisgünstigen und qualitativ minderwertigen Produkten überschwemmt wird, die, gebraucht oder ungenutzt, ihr Ende überwiegend auf Mülldeponien im globalen Süden finden. Dort mangelt es jedoch an den notwendigen Kapazitäten, um ein effektives Recycling dieser Textilmassen garantieren zu können.

Der Green Deal der Europäischen Union und als Teil davon auch die Textilstrategie adressieren die Effizienz der Ressourcennutzung, die Minimierung von Abfällen und deren Export, sowie eine erweiterte Herstellerverantwortung (EPR) und fordern die Industrie auf, sich mit einer nachhaltigen Unternehmensstrategie und damit auch mit dem Thema Konsistenz und Kreislaufwirtschaft auseinanderzusetzen. In diesem Kontext rückt auch das Textilrecycling (TR) als wichtiger Baustein für eine zukunftsfähige TBI in den Fokus. Um in die Umsetzung zu kommen, bedarf es allerdings verlässlicher Quellen für finanzierbare und hochwertige Sekundärrohstoffe sowie innovativer Faserentwicklungen, die attraktiver sind als der Einsatz der „virgin fibres“. Obwohl die Vorstufen dieser potenziellen Sekundärrohstoffe in großen Mengen in den Alttextil-Importländern wie Pakistan,

Kenia, Ghana und Chile vorhanden sind, fehlt es derzeit an einem überzeugenden Geschäftsmodell, das die notwendigen Investitionen anzieht. Hier läge ein großes Potenzial für eine nachhaltige Entwicklung, würden entsprechende Recyclinginfrastrukturen und Produktionsstätten geschaffen werden.

Die Diskrepanz zwischen Rohstoffverfügbarkeit durch Alttextilien und der fehlenden wirtschaftlichen Rentabilität unterstreicht die Notwendigkeit einer eingehenden Analyse der bestehenden Rahmenbedingungen und potenzieller Lösungsansätze. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Masterarbeit die wichtigsten Strukturen, aktuellen Entwicklungen und zentralen Hürden bei der Umsetzung von Faser-zu-Faser Textilrecycling weltweit und besonders in den Importländern sowie innerhalb der EU. Dabei sollen folgende Leitfragen bearbeitet werden:

- Wie kann aus textilen Abfallströmen Wertschöpfung generiert werden?
- Vor welchen Herausforderungen steht der Aufbau funktionierender Recyclingstrukturen und Märkte für textile Sekundärrohstoffe?
- Welche Fortschritte und Lösungsansätze im Bereich Textilrecycling sind in wichtigen Importländern von Alttextilien und innerhalb der EU bereits erkennbar.

Die Gliederung der Masterarbeit setzt sich dabei aus sechs Kapiteln zusammen. Nach der Einleitung wird im zweiten Kapitel die Bedeutung des Textilrecyclings für die Transformation nachhaltiger Entwicklung herausgearbeitet. Das Kapitel liefert u. a. wichtige Kennzahlen, geht auf die Dimensionen ausrangierter Textilien ein und untersucht den Exportmarkt. Im dritten Kapitel werden die Grundlagen des Textilrecyclings genauer erläutert, wie bspw. wichtige Begrifflichkeiten, die verschiedenen Verfahrensarten und die gesetzlichen Rahmenbedingungen. Der anschließende Hauptteil besteht aus einer Analyse der textilen Recyclingstrukturen an bedeutenden Dreh- und Angelpunkten der Welt (Prato in Italien, der Kantamanto Market in Ghana, Pakistan und Vietnam). Darauf aufbauend werden im fünften Kapitel Potentiale und Zukunftsperspektiven für zukünftige Entwicklungen besprochen. Die abschließende Schlussbetrachtung soll zeigen, wo weiterer Forschungsbedarf vorhanden ist und außerdem zusammenfassend darstellen, auf welchem Entwicklungsstand sich die Textilrecyclingindustrie gerade befindet und welche Schritte nun nötig sind, damit echte nennenswerte Kreisläufe entstehen können.

2. Die Bedeutung des Textilrecyclings für die nachhaltige Entwicklung

2.1 Kennzahlen zur Textil- und Bekleidungsindustrie

2.1.1 Umsatzvolumen

Um das Potential und die Herausforderungen des Textilrecyclings als integralen Bestandteil einer zukünftigen Kreislaufwirtschaft adäquat einordnen zu können, ist ein tiefergehendes Verständnis der Marktgröße für Textilien und Bekleidung unerlässlich. Marktanalysen schätzen den globalen Umsatz des Bekleidungsmarktes 2024 auf ca. 1,7 Billionen US-Dollar (Grand View Research (GVR) 2025a; Fortune Business Insights (FBI) 2025). Dies entspricht ca. 1,53 % des weltweiten BIP von 111 Billionen US-Dollar im Jahr 2024 (vgl. World Bank 2025). Für die Jahre 2025–2028 wird ein jährliches Umsatzwachstum (CAGR) von 2,8–4,2 % prognostiziert (GVR 2025a; Uniformmarket 2025; FBI 2025). Der globale Textilmarkt (Rohstoffe) 2024 wurde auf 1,11 Billionen US-Dollar geschätzt, wobei eine CAGR von 4,2% für die Jahre 2024–2033 prognostiziert wird (GVR 2025b). Gründe für das kontinuierliche Marktwachstum sind das steigende Pro-Kopf-Einkommen, die wachsende Weltbevölkerung und fortschreitende Urbanisierung sowie die Verbreitung von Fast Fashion Geschäftsmodellen (vgl. Piribauer & Bartl 2019, S. 113).

Die wichtigsten Märkte 2025 auf Basis der größten Gesamtumsätze der Bekleidungsbranche sind die USA (365,70 Mrd. US-Dollar), China (313,82 Mrd. US-Dollar) und Indien (101,39 Mrd. US-Dollar) (Uniformmarket 2025). Deutschland liegt mit 72,57 Mrd. US-Dollar an sechster Stelle (ebd.). Das Umsatzwachstum der Branche ist zu sehr großen Teilen an einen erhöhten Rohstoffeinsatz und eine Erhöhung der Produktion gekoppelt. Daher ist davon auszugehen, dass auch das Abfallaufkommen stetig ansteigen wird. Des Weiteren verfügen nicht nur die eben genannten größten Märkte über keine ausgereifte Recyclingstruktur. Vor allem bevölkerungsreiche Schwellen- und Entwicklungsländer, die zugleich häufig zu den wichtigsten Importländern von Alttextilien zählen, verfügen lediglich über eine unzureichende Abfall- und Recyclinginfrastruktur. Daher ist davon auszugehen, dass weiterhin ein Großteil der Alttextilien in den gemischten Siedlungsabfällen und damit letztendlich auf Deponien oder in der Verbrennung landen wird.

Die Größe des globalen Secondhand-Marktes wurde 2024 auf 190 Mrd. US-Dollar geschätzt (GMI 2025). Ihm wird ein starkes Wachstum von 10,7 % für die Jahre 2025–2034 prognostiziert (ebd.). Die Größe des globalen Textilrecyclingmarktes wurde im Jahr 2024

auf 4,85 Mrd. US-Dollar geschätzt (GVR 2025c), wobei eine CAGR von 4,2–5,5 % von 2025–2030 prognostiziert wird (ebd.). Gemessen an der Gesamtgröße des Textilmarktes ist das zwar verschwindend gering (0,4% bei 1,11 Billionen), aber ähnlich wie auch fairer Handel auf dem globalen Markt kaum eine Rolle spielt, so trägt er doch im Kleinen und durch lokale Strukturen sehr dazu bei, eine nachhaltige Entwicklung zu fördern und kann durch Pilotprojekte auch ein Instrument darstellen, um die Skalierfähigkeit von Lösungen zu testen.

Die TBI ist sehr intransparent und zu eingesetzten Rohstoffmengen werden häufig nur relative Angaben gemacht, die keine direkten Rückschlüsse auf genaue Verbräuche oder Verkaufszahlen zulassen. 2023 thematisierte eine Kampagne der Or Foundation diese Intransparenz, aber der Aufruf “Speak Volumes!” blieb größtenteils ungehört (The Or Foundation 2024). Die wichtigsten Global Player wie LVMH, Dior, H&M, Inditex, Nike und Fast Retailing verschweigen weiterhin ihren Ressourceneinsatz. Begründet wird die Intransparenz mit dem Konkurrenz- und Wettbewerbsdruck sowie der Komplexität und Dynamik der Lieferketten (vgl. Imsirovic 2025). Die fehlenden regulatorischen Vorgaben für eine einheitliche und verpflichtende Offenlegung von Produktions- und Rohstoffmengen im Bekleidungssektor erschweren es genaue Prognosen über die potentiellen Inputmengen für das Textilrecycling der nächsten Jahre zu erstellen.

2.1.2 Produktionsvolumen und Faseranteile

Die Bekleidungsproduktion hat sich zwischen 2000 u. 2014 verdoppelt (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 18). Bis 2050 wird der weltweite Bekleidungsverbrauch voraussichtlich von heute 70 Mio. t auf ca. 160 Mio. t ansteigen (Uniformmarket 2025).

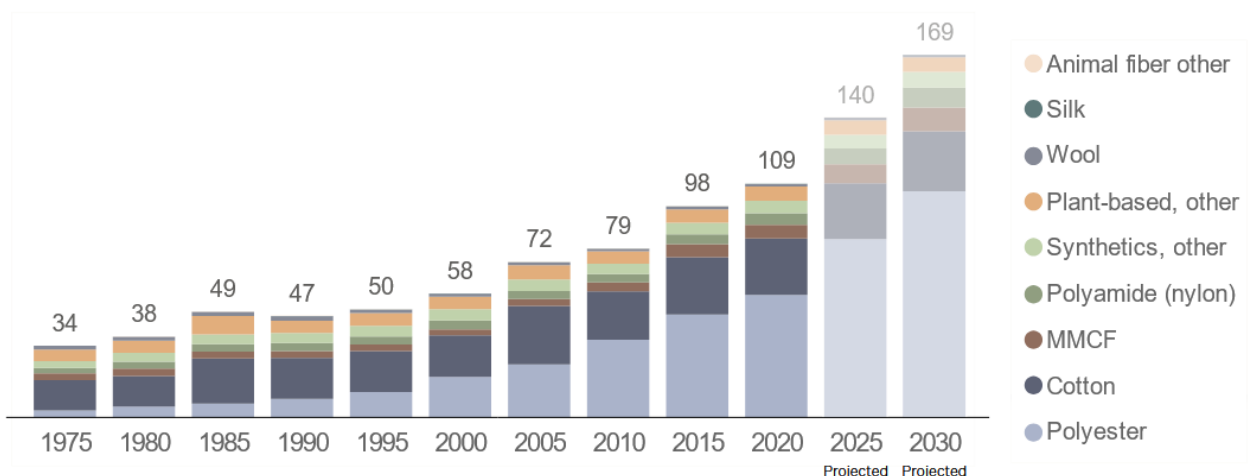


Abb. 1: Globale Faserproduktion in Mio. t

Quelle: Textile Exchange 2025 (basierend auf Daten von CIRFS, FAO, ICAC, IVC, IWTO, Maia Research und eigener Modellierung)

Abbildung 1 zeigt die jährliche textile Rohstoffproduktion in Millionen Tonnen. Diese beinhaltet auch technische Textilien oder sonstige textilen Produkte, die nicht in Bekleidung einfließen. Ca. 60–80 % der Rohstoffproduktion wird von der Bekleidungsindustrie genutzt (Systemiq 2025, S. 10; Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 63). 2024 wurden 132 Mio. t Fasern erzeugt, wobei der weitaus größte Teil (69 %) aus synthetischen Fasern bestand und recycelte Fasern lediglich 7,6 % ausmachten (Textile Exchange (TE) 2025, S. 5–11). Da die Wahl des Textilrecyclingverfahrens maßgeblich von der jeweiligen Faserart bestimmt wird, werden im Folgenden kurz die wichtigsten Rohstoffe vorgestellt:

Polyester: Mit 77,7 Mio. t und rund 59 % der globalen Faserproduktion ist Polyester und hier v.a. das Polyethylenterephthalat (PET) die bedeutendste synthetische Textilfaser (vgl. TE 2025, S. 11). Über 90 % der weltweiten Polyesterfaserproduktion findet heute in Asien statt, wobei China mit 70 % die Produktion dominiert (Systemiq 2025, S. 21). Polyester wird im Markt geschätzt, weil seine Eigenschaften an Marktbedürfnisse angepasst werden können. Des Weiteren hat die Faser eine bessere Reiß- und Scheuerfestigkeit als Naturfasern und ist unempfindlich gegenüber Mikroorganismen. Die kosteneffiziente Produktion ermöglicht es auch finanzschwächeren Haushalten Bekleidung zu erwerben, fördert aber andererseits dadurch auch den Überkonsum. Von der ökologischen Perspektive aus betrachtet sind Chemiefasern problematisch, da sie aus fossilen Rohstoffen bestehen, nicht biologisch abbaubar sind, Mikroplastik in die Umwelt freisetzen und in der globalen Faserproduktion für die größten Treibhausgasemissionen verantwortlich sind (vgl. TE 2024, S. 7). Der Marktanteil von recyceltem Polyester liegt aktuell bei 12 %, wobei 98 % davon aus PET-Getränkeflaschen gewonnen werden (TE 2025, S. 5). Dies ist insofern kritisch zu betrachten, weil hier in einen intakten geschlossenen Kreislauf eingegriffen wird, obwohl genug PET-Textilabfälle vorhanden sind.

Baumwolle: Mit rund 19 % (24,5 Mio. t) der globalen Faserproduktion ist Baumwolle die zweitwichtigste Faserart (TE 2025, S. 5). Die Produktion von Baumwolle hält sich seit Jahren auf einem ähnlichen Niveau, wobei der relative Anteil am Markt sinkt, weil Chemiefasern zulegen. Baumwolle ist zwar eine Naturfaser und damit biologisch abbaubar und umweltfreundlich, allerdings ist der Anbau mit vielfältigen negativen ökologischen Auswirkungen verbunden: Der konventionelle Baumwollanbau benötigt große Mengen an Wasser, Düngemitteln und Pestiziden. Erschwerend kommt hinzu, dass Baumwollanbau oft in wasserarmen Regionen stattfindet. Eine Möglichkeit, die ökologischen Nachteile zu mindern, ist der Anbau von Bio-Baumwolle. 2023/2024 machte sie jedoch nur rund 2,9 % der weltweiten Baumwollproduktion aus (TE 2025, S. 16). Lediglich 1 % der

Baumwollproduktion besteht aus recycelten Fasern (TE 2025, S. 26). Baumwolle kann mechanisch recycelt werden oder chemisch zu Zellulose zersetzt werden, die zu höherwertigen Materialien wie Regeneratfasern oder Biokraftstoffen weiterverarbeitet werden kann.

Man Made Cellulosic Fibres (MMCF): 6 % (8,4 t) der globalen Faserproduktion bestehen aus regenerierten Zellulosefasern wie Viskose, Modal, Lyocell und Cupro, die größtenteils aus Holz gewonnen werden (vgl. TE 2025, S. 47). In den letzten Jahren werden sie vermehrt eingesetzt, da sie als erneuerbare und potenziell nachhaltigere Alternative zu synthetischen Fasern gelten und außerdem die haptischen Eigenschaften von Naturfasern imitieren können, z. B. über eine gute Feuchtigkeitsaufnahme verfügen. Ca. 1,1 % der Fasern sind recycelt, wobei der Anteil stetig ansteigt, da ein ausgereiftes chemisches Recyclingverfahren verfügbar ist. Textilabfälle aus Baumwolle oder bereits regenerierter Zellulose können so zur Herstellung von Rezyklatfasern genutzt werden (TE 2025, S. 51).

Polyamid: Polyamid (PA) ist mit einem Marktanteil von rund 5 % (7 Mio. t) die zweitwichtigste Synthetikfaser (TE 2025, S. 6). Die beiden Hauptvarianten PA 6 und PA 6.6 werden sowohl für technische Textilien als auch für Bekleidung eingesetzt und haben hervorragende Belastungseigenschaften (z. B. eine hohe Festigkeit). Im Bekleidungsbereich finden sie vorwiegend für Funktionsbekleidung, Bademode und Strumpfwaren Anwendung. Durch die günstigeren Preise für Frischfasern liegt der aktuelle Recyclinganteil lediglich bei etwa 2 % (ebd.), obwohl ein ausgereiftes chemisches Recyclingverfahren verfügbar ist.

Wolle: Wolle spielt mit einem Marktanteil von 0,9 % (1,1 Mio. t) auf dem globalen Fasermarkt mengenmäßig kaum eine Rolle (TE 2025, S. 11), erweist sich jedoch im Bereich des Textilrecyclings als besonders geeigneter Rohstoff. Recycelte Wollfasern erzielen gute Marktpreise und werden vor allem in mechanischen Verfahren erfolgreich wiederverwertet. Der Anteil recycelter Wolle auf dem Fasermarkt liegt derzeit bei etwa 7 % und dürfte in den kommenden Jahren weiter ansteigen (TE 2025, S. 38). Angesichts der hohen Produktionskosten für tierische Fasern ergibt sich auch ein ökonomischer Anreiz, Recyclingverfahren zu nutzen. Schafwolle und andere tierische Fasern wie Kaschmir oder Alpaka werden auf Grund ihres guten Wärmerückhaltevermögens, ihrer geringen Schmutzanfälligkeit, ihrer biologischen Abbaubarkeit und ihrer Langlebigkeit geschätzt.

Elasthan: Elasthan ist eine synthetische Faser, die oftmals in kleinen Anteilen (1–5 %) zu anderen Fasern hinzugefügt wird, um Textilien Dehnbarkeit zu verleihen. Mit rund

1,1 % (1,5 Mio. t) der globalen Produktion ist Elsthan zwar mengenmäßig unbedeutend, gleichzeitig stellt es für das Textilrecycling einen erheblichen Störfaktor dar, weil es schwer recycelbar ist und schon geringe Anteile den Recyclingprozess sehr erschweren oder unmöglich machen können (TE 2025, S. 60; Duhoux et al. 2021, S. 104).

2.1.3 Der Einfluss der Faserpreise auf das Textilrecycling

Ein zentraler Faktor für die Etablierung eines funktionierenden Marktes für recycelte Textilfasern ist ihre Konkurrenzfähigkeit gegenüber Frischfasern: Sie müssen in vergleichbarer Qualität und zu gleichen oder besseren Konditionen als Frischfasern verfügbar sein. Derzeit liegen die Kosten insbesondere bei einer Produktion im europäischen Markt wesentlich höher: Während die Herstellung von recyceltem Polyester aus europäischen Textilabfällen bei etwa 2.480 €/t liegt, belaufen sich die Kosten für Neupolyester aus Asien auf rund 950 €/t und für rPET aus asiatischen PET-Flaschen auf etwa 1.140 €/t (Systemiq 2025, S. 22). Diese Preisunterschiede werden durch weitere strukturelle Hemmnisse verstärkt: Recycelte Fasern lassen sich bislang nur schwer in bestehende Lieferketten integrieren, da eine kontinuierliche und mengenmäßig gesicherte Verfügbarkeit kaum gewährleistet werden kann. Hinzu kommen Qualitätsmängel einzelner Rezyklate, die ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Primärfasern einschränken. Folglich zögern Unternehmen recycelte Fasern, abseits von Marketing- oder Pilotprojekten, einzusetzen. Langfristig kann diese Kosten- und Wettbewerbslücke nur durch die Internalisierung externer Kosten geschlossen werden, bspw. durch das Instrument der erweiterten Herstellerverantwortung mit ökomodulierter Gebührengestaltung. Dies würde die relativen Preise zugunsten recycelter Fasern verschieben und deren Einsatz ökonomisch attraktiver machen (vgl. ETC/WMGE 2021, S. 50).

2.2 Dimensionen und Ursachen textiler Abfallaufkommen

Der jährliche globale Textilabfall wurde 2015 auf ca. 92 Mio. t. geschätzt (Echeverria et al. 2019, S.1524; Kim & Lee 2025, S. 1449). Die Boston Consulting Group prognostiziert für 2025 eine Masse von 120 Mio. t (Sajdeh et al. 2025). Bei mangelnder Integration von Kreislaufwirtschaft könnten 2050 mehr als 150 Mio. t. Textilabfall jährlich auf Deponien landen oder verbrannt werden (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 39).

Die globale Datenlage zu Menge und Verbleib von Alttextilien und Textilabfällen, sowie Recyclingquoten ist lückenhaft und inkonsistent, da Messmethoden und Erfassungskriterien international voneinander abweichen können und dem Themenfeld bislang eine eher untergeordnete Bedeutung beigemessen wurde (vgl. ETC/CE 2023a, S.19; Köhler

et al. 2021, S. 61). Folglich sind die in diesem Kapitel angegebenen Sammelquoten mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren.

Global betrachtet werden ca. 73–80 %¹ der weltweit verbrauchten Textilien deponiert, verbrannt oder anders in der Umwelt entsorgt (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 124; Sajdeh et al. 2025). Die größten Absatzmärkte für Bekleidung belegen, dass ein Großteil auf Deponien landet: 2018 entstand in den USA ca. 17,03 Mio. t Textilabfall, wovon 66,35 % auf Deponien landete, 14,74 % recycelt wurde und 18,91 % der thermischen Verwertung zugeführt wurde (EPA 2024). China produziert als größter Bekleidungsproduzent jährlich ca. 20–26 Mio. t. Textilabfall, wobei die Verwertungsquote gering ist (Juanga-Labayen et al. 2022, S. 176). Die EU-Mitgliedstaaten erzeugten 2022 ca. 6,94 Mio. t Textilabfälle (ca. 16 kg pro Person), wovon lediglich 15 % getrennt gesammelt wurden (ETC/CE 2025b, S.35f). Die restlichen 85 % landeten in den gemischten Siedlungsabfällen, die anschließend verbrannt (34 %), deponiert (25 %) oder mechanisch-biologisch (41 %) behandelt wurden (ETC/WMGE 2019, S.16f). Die Sammelquoten in der EU variieren zudem sehr stark. In Deutschland liegt der Anteil je nach Berechnungsgrundlage bei ca. 64–70 % (Wagner et al. 2022, S. 35; Reinkenhoff & Ahlmann 2023, S. 13). Aufgrund der seit 2025 geltenden Pflicht zur getrennten Sammlung von Alttextilien ist in der EU mit steigenden Sammelquoten zu rechnen.

Viele der Gründe für den Anstieg textiler Abfallaufkommen haben ihren Ursprung im Fast Fashion Konzept. So wird durch die geringe Qualität eine Wiederverwendung erschwert, da die Bekleidungsstücke schon nach seltenem Tragen und Waschen in der Form/Farbe nachlassen. In einer Analyse zum Konsumentenverhalten gaben 40 % an, dass physische Veränderungen der Hauptgrund sind, warum sie Kleidung entsorgen (Laitala, Boks & Klepp 2015). Dazu zählen z. B. der Verlust der Elastizität oder Form, ein abgenutztes/verblichenes Aussehen oder Farbveränderungen (ebd.). Die mindere Qualität bewirkt auch, dass die Textilien immer kürzer genutzt werden. Schätzungen zur Verkürzung der Nutzungsphase reichen von einem Drittel (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 36) bis hin zu einer Halbierung der Zeit innerhalb der letzten 15 Jahre (Luptáčík et al. 2021, S. 7). Der Trend der Kurzlebigkeit überträgt sich auch auf aufstrebende Volkswirtschaften wie den BRIC Staaten, die als potenzielle Absatzmärkte immer wichtiger werden (vgl. Statista 2024, S. 33). Bereits die Hälfte des globalen Umsatzes der TBI findet mittlerweile außerhalb von Nordamerika und Europa statt (ebd.). Mit steigendem Wohlstand etabliert

¹ Die in dieser Arbeit angegebenen Prozentzahlen beziehen sich bei Alttextilien immer auf Massenprozent, es sei denn es ist anders angegeben (z. B. Stückzahlen).

sich auch in aufstrebenden Volkswirtschaften ein konsumorientierter Lebensstil, der durch häufigere Käufe von Bekleidung gekennzeichnet ist und infolgedessen zu höheren Entsorgungsmengen führen wird.

Ein weiterer Grund ist das Konsumentenverhalten. Das ursprüngliche Bedürfnis des Menschen Kleidung zu tragen lag in einer Schutzfunktion vor klimatischen Einflüssen (Witterung, Kälte, Hitze) und Verletzungen, sowie einem Schmuckbedürfnis begründet (vgl. Thiel 2004, S.6). Im Zuge der Zeit und des wachsenden Wohlstandes hat sich dieses Grundbedürfnis in ein kulturell geprägtes Konsumbedürfnis gewandelt, das z. B. die eigene Identität und Position in der Gesellschaft unterstreichen soll (vgl. Gözet & Wilts 2022). Die Modeindustrie reagiert darauf, indem sie permanent neue Kollektionen lanciert, um kontinuierlich neue Konsumanreize zu schaffen. Insbesondere in den hochentwickelten Ländern sind textile Produkte im Überfluss vorhanden und leicht und günstig zu erwerben, wodurch eine geringere Wertschätzung gefördert wird. Laut der europäischen Umweltbehörde sind die Preise für Bekleidung zwischen 1996 und 2018 inflationsbereinigt um ca. 36 % gefallen (EEA 2014, S.107). Der dauerhaft wiederkehrende Wunsch nach Lifestyle und Selbstverwirklichung durch Mode kann so zwar befriedigt werden, allerdings wird zugleich eine systemische Überproduktion gefördert und das Abfallaufkommen steigt (vgl. Circle Economy 2024, S. 8).

In Deutschland werden jährlich ca. 60 Kleidungsstücke pro Person gekauft, wobei 1/5 davon nie getragen wird (BMZ 2024). Der Pro-Kopf-Kauf von Kleidung in Deutschland liegt zwischen 10 und 15 kg pro Jahr (GIZ 2024, S.1). Das sind bei 15 kg jährlich bis zu 250.000 t an Bekleidung, die nie getragen und genutzt werden.

Die Folgen dieser auf kurzfristige Absatzsteigerungen ausgerichteten Marktmechanismen manifestieren sich auch in ökonomischen Verlusten. Schätzungen zufolge gehen jährlich ca. 500 Mrd. US-Dollar aufgrund der unzureichenden Nutzung von Kleidung und einer bislang geringen Wiederverwertung verloren (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 36).

2.3 Arten und Zusammensetzung von Alttextilien:

2.3.1 Entstehungskategorien textiler Abfälle

Textile Abfallaufkommen lassen sich unterscheiden in:

- Postindustrielle Abfälle, *Post-Industrial Waste* (PIW),
- Vorkonsumabfälle, *Pre-Consumer Waste* (PreCW),
- Nachkonsumabfälle, *Post-Consumer Waste* (PCW).

Postindustrielle Textilabfälle umfassen u. a. Zuschnittreste, überschüssige Stoffe (*leftovers*), Garnreste und Flugfasern, d. h. Materialien, die im Zuge der Produktion anfallen und nicht weiterverarbeitet werden (vgl. Charnley et al. 2024, S. 2). Textile Vorkonsumabfälle beinhalten unverkaufte oder retournierte Textilien, z. B. überschüssige Lagerbestände und Musterteile (vgl. Md Shamsuzzaman et al. 2025). Den größten Anteil haben textile Nachkonsumabfälle, d. h. Alttextilien, die aussortiert werden, weil sie nicht mehr passen, nicht mehr dem Trend entsprechen oder beschädigt sind. In der EU besteht ca. 17 % des Textilabfallaufkommens aus PIW, 1 % aus PreCW und 82 % aus PCW (ETC/CE 2024b, S. 9). PIW ist ein bevorzugter Inputstrom für das Textilrecycling, weil er in seiner Zusammensetzung größtenteils identifizierbar ist und keine Störstoffe wie Knöpfe, Reißverschlüsse oder Stickereien beinhaltet. PCW hingegen ist in seiner Materialzusammensetzung sehr heterogen und durch Mehrlagigkeit, Drucke, Beschichtungen, Verunreinigungen und Störstoffe ausgezeichnet. Dadurch wird die Möglichkeit eines effizienten Recyclings erschwert bis unmöglich gemacht. PreCW stellt eine Zwischenkategorie dar, da die Textilien zwar grundsätzlich sauber und im Material identifizierbar sind, jedoch Mehrlagigkeit und Störstoffe die Recyclingfähigkeit beeinträchtigen können.

2.3.2 *Materialzusammensetzung textiler Abfallströme*

Die Zusammensetzung textiler Abfallströme wird von lokalen Konsummustern, Produktionsstrukturen und Sammelsystemen bestimmt und kann sich regional sehr unterscheiden. In einer Studie aus Frankreich (2023) wurden 122 t (720.000 Teile) gesammelte Alttextilien untersucht, wobei 72,4 % der gesammelten Ware aus Bekleidung bestand (Refashion 2023, S. 10). Die häufigsten Faserzusammensetzungen waren 27,6 % reine Baumwolle, 11 % reines Polyester, 8,8 % Polycotton², 6,9 % Polyacryl, 4,9 % Baumwoll-Elasthan, 3,1 % Wolle-Acryl und 2,3 % Baumwoll-Acryl (ebd., S.14). Die häufigsten Farben waren schwarz, weiß, mehrfarbig, blau und grau. Etwa 69 % der nicht wiederverwendbaren Alttextilien wiesen Störstoffe auf. 9 % der Alttextilien waren mehrlagig und für ein F2F-Recycling nicht geeignet. Lediglich 22 % waren einlagig ohne Accessoires und damit einfach in einen Recyclingprozess integrierbar (ebd., S. 16).

Eine weitere Studie, *Sorting for Circularity Europe* (2022), untersuchte 21 t Altkleider aus Belgien, Deutschland, Niederlande, Polen, Spanien und dem Vereinigten Königreich. Die häufigsten Faserzusammensetzungen waren Baumwolle (42 %), Fasermischungen

² Polycotton ist eine Mischung aus Baumwolle und Polyester. Eine gängige Industriemischung besteht zu 65% aus Polyester und 35% Baumwolle.

mit hohem Polycottonanteil (32 %) sowie reines Polyester (11 %) (van Duijn et al. 2022, S. 10 u. S. 32). Im schlussfolgernden Ergebnis wurde festgestellt, dass sich 21 % der geringwertigen Alttextilien für ein mechanisches und 53 % für ein chemisches Recycling eigneten. Lediglich 26 % waren auf Grund ihrer Zusammensetzung (z. B. Multilayer, nicht entfernbare Störstoffe) für ein F2F-Recycling ungeeignet (ebd., S. 13).

2024 wurde eine Studie in den USA durchgeführt (*Sorting for Circularity USA*). Sie kam zu dem Ergebnis, dass sich ca. 56 % der gesammelten Altkleider für ein chemisches F2F-Recycling und 9 % für ein mechanisches F2F-Recycling eigneten, wobei auch hier Baumwolle (51 %) und Polyester (28 %) dominierten (Adler & Vellanki 2024, S. 13).

Die Ergebnisse der aufgeführten Studien verdeutlichen, dass ein Großteil der erfassten Alttextilien grundsätzlich für textile Recyclingprozesse geeignet sind. Dabei nehmen insbesondere die Faserarten Polyester und Baumwolle eine zentrale Stellung ein, während Mischgewebe zwar in großen Mengen vorkommen, jedoch im Recyclingprozess zusätzliche Herausforderungen verursachen. Die Produktion von Bekleidung sollte daher zukünftig stärker auf sortenreine Produkte ausgerichtet werden, weil dadurch die Effizienz und Skalierbarkeit der Textilrecyclingprozesse erheblich verbessert werden könnte.

2.4 Der Exportmarkt für Alttextilien

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich der internationale Handel mit Alttextilien und Textilabfall zu einem komplexen, global vernetzten System entwickelt, in dem die Exporteure oftmals Länder des Globalen Nordens sind, während die Hauptabnehmer vorwiegend im Globalen Süden liegen. In der wissenschaftlichen Diskussion wird dies kritisch unter dem Begriff des Abfallkolonialismus (*Waste Colonialism*) behandelt, worauf in Kapitel 4.1, dem Kantamanto Markt in Ghana, näher eingegangen wird.

Wang et al. (2025, S. 18) stellen fest, dass der Alttextilmarkt seit 1995 von 0,99 Mrd. US-Dollar auf über 5,2 Mrd. US-Dollar (2022) angewachsen ist. Zentrale exogene Handels-treiber waren dabei (i) die Umweltpolitik, da Länder mit hohem Umweltindex tendenziell stärker exportieren; (ii) die Industrialisierung und der Fast Fashion Sektor; sowie (iii) historische Kolonialbeziehungen und Handelsabkommen, die den Warenaustausch erleichterten (ebd.). Endogene Treiber waren (i) die Stabilität der Handelsbeziehungen (z. B. Vereinigtes Königreich und Ghana), (ii) die Vernetzung über gemeinsame Partner (Transitivität) und (iii) zeitversetzte Gegengeschäfte (verzögerte Reziprozität) (vgl. ebd.).

Um die globalen Handelsströme systematisch erfassen und vergleichen zu können, werden die Produktkategorien der Weltzollorganisation genutzt. Eine genaue Erläuterung

relevanter Hauptproduktcodes für die Exporte/Importe von Alttextilien findet sich im Anhang A1, wobei der Fokus dieser Arbeit auf HS 6309 und 6310 liegt. 6309 kennzeichnet Alttextilien als Ware und 6310 stuft sie als Abfall ein (vgl. ETC/CE 2023a, S.5; GIZ 2024, S.5). Die weiteren Codes 5202, 5505 und 5103 gelten ebenfalls als Abfall, werden aber oftmals in der Fachliteratur über Alttextilverwertung nicht miteinbezogen. Ein möglicher Grund ist, dass sie mit ca. 12% einen verhältnismäßig kleinen Teil des gesamten globalen Alttextilhandels ausmachen (vgl. UNODC 2025).

Exporteure bevorzugen die Kennzeichnung 6309, um höhere Entsorgungskosten oder Einfuhrverbote für bestimmte Abfallarten zu vermeiden (GIZ 2024, S.5). Diese Praxis untergräbt allerdings Umweltschutzbemühungen und verzerrt den Wettbewerb (UNODC 2025). Die europäische Abfallverbringungsverordnung (s. Kapitel 3.2.4) soll hier zukünftig ansetzen und eine korrektere Einstufung von Textilabfällen sicherstellen.

Durch die Unterteilung von 6310 und 6309 entsteht für das Textilrecycling eine erste Hürde (vgl. Systemiq, S.21f.): Bislang werden große Mengen an Reststoffen als Textilabfall deklariert, auch wenn diese als Rohstoffe für ein chemisches Recycling bestimmt sind. In einer Fallstudie aus Prato (Bresanelli et al. 2022, S.6) berichtet ein Unternehmen, dass die Abfallrahmenrichtlinie bisher nicht die benötigte Unterscheidung von Abfall und Nebenprodukten beinhaltet und dadurch den Prozess des Wollrecyclings erschwert. Das UNEP-Projekt *Circularity and Used Textile Trade Project* (Ende 2023–Sept. 2025) versucht diese Problematik zu adressieren, in dem globale Richtlinien zur klaren Unterscheidung zwischen gebrauchten Textilien und Textilabfällen erarbeitet werden (UNEP 2024). Des Weiteren arbeitet die EU derzeit an verbindlichen End-of-Waste-Kriterien für Textilien, die bis Ende 2025 verabschiedet werden sollen. Darin sollen ebenfalls klare Unterscheidungen sowohl für Alttextilien als auch für das Textilrecycling festgeschrieben werden, um Rohstoffe für den Recyclingprozess klar als Produkt statt als Abfall einzustufen (ECOS & EEB 2025).

Die Inhalte der nachfolgenden Tabellen basieren auf einer aktuellen Auswertung (März 2025) von EU, UNEP und UNODC. Sie zeigen die wichtigsten Import- und Exportländer von Alttextilien und Textilmüll, aggregiert für den Zeitraum 2019–2024. Die Datengrundlage basiert auf UN Comtrade mit HS 6309, 6310, 5202 und 5505.

Tabelle 1: Exporte von Alttextilien (2019-2024)

Exportland	Summe des Nettogewichts (in t)	Exportland	Wert (in Mio. US-\$)
Deutschland	3.929.749	USA	6.963,9
USA	3.737.120	Vereinigtes Königreich	3.958,2
China	2.973.803	China	3.763,6
Südkorea	2.248.898	Deutschland	3.378,0
Pakistan	1.904.519	Südkorea	2.394,6
VAE	1.724.422	Niederlande	1.892,8
Niederlande	1.638.411	Polen	1.735,9
Polen	1.623.179	Pakistan	1.686,3
Türkei	1.358.501	VAE	1.642,3
Indien	1.257.943	Indien	1.416,2
Gesamtsumme	22.396.546	Gesamtsumme	28.832,1

Quelle: Eigene Darstellung nach UNDOC 2025

Einzelne Länder dieser Auflistung fungieren dabei primär als Transithandelsplätze. Hierzu zählen z. B. die Niederlande, Polen, die Vereinigten Arabischen Emirate und die Türkei (vgl. ETC/CE 2024, S. 28; Reinkenhoff & Ahlmann 2023, S. 23). Pakistan und Indien importieren nicht nur große Mengen für die eigene Recyclingindustrie, sondern reexportieren auch in erheblichem Umfang nach Afrika (vgl. Wang et al. 2025, S. 10).

In der EU sind die Alttextilexporte (6309 und 6310) von 0,55 Mio. t im Jahr 2000 auf 1,7 Mio. t im Jahr 2019 angestiegen (ETC/CE 2023a, S.5). 2024 lagen sie bei knapp 1,4 Mio. t. (UN Comtrade 2025a). Innerhalb der EU werden Alttextilien über ein komplexes Handelsnetzwerk zwischen den EU-Mitgliedstaaten ex- und importiert. Die wichtigsten Exportziele von deutschen Altkleidern sind die Niederlande und Polen, wo sie für den Weitertransport sortiert und verarbeitet werden (s. Anhang A2; vgl. Reinkenhoff & Ahlmann 2023, S.16). Für eine künftige EU-Textilrecyclinginfrastruktur eröffnet diese Spezialisierung einzelner Mitgliedstaaten Effizienz- und Beschäftigungspotenziale.

Die Importländer umfassen eine breite Palette afrikanischer (v.a. Mosambik, Ghana, Kenia, Tansania), asiatischer (v.a. Pakistan, Malaysia, Indien, Thailand) und lateinamerikanischer Länder (v.a. Chile, Guatemala), wobei europäische Staaten hier vorwiegend als Zwischenhändler auftauchen. Mosambik importierte von 2019–2024 mit Abstand die größte Menge, allerdings zu einem sehr geringen Wert. Pakistan importierte die letzte drei Jahre die größten Mengen an Alttextilien (HS 6309) und Indien die größten Mengen an Textilmüll (HS 6310) (UN Comtrade 2025b; UN Comtrade 2025c).

Tabelle 2: Importe von Alttextilien (2019–2024)

Importland	Summe des Nettogewichts (in t)	Importland	Wert (in Mio. US-\$)
Mosambik	35.468.608	Indien	2.228,8
Indien	5.284.776	Pakistan	2.211,8
Pakistan	4.524.370	Deutschland	1.405,2
Malaysia	1.917.671	Niederlande	1.316,7
VAE	1.535.292	USA	1.312,7
Polen	1.355.352	Polen	1.214,5
Niederlande	1.340.560	Ukraine	1.159,9
Deutschland	1.316.902	Kenia	1.123,7
Kenia	1.190.576	Malaysia	1.090,6
Türkei	1.110.442	Guatemala	1.032,1
Gesamtsumme	55.044.549	Gesamtsumme	14.095,9

Quelle: Eigene Darstellung nach UNDOC 2025

In den Handelsströmen lassen sich über die letzten Jahre Veränderungen beobachten. Im Jahr 2000 gingen fast zwei Drittel der EU-Altkleiderexporte nach Afrika, während es im Jahr 2019 nur noch 46 % waren (ETC/CE 2023a, S. 19). Gleichzeitig verdoppelte Asien seinen Anteil auf fast 41 % und etablierte sich damit als Zielregion für Exporte aus der EU (ebd.). Diese Veränderung in Richtung Asien und weg von Afrika könnte einerseits damit zusammenhängen, dass afrikanische Märkte mittlerweile gesättigt scheinen und Ware von minderer Qualität jetzt einen neuen Markt in Asien findet, wo sie für ein Downcycling oder Textilrecycling eingesetzt werden kann (vgl. Köhler et al. 2021, S. 57). Andererseits ist auch davon auszugehen, dass Teile der europäischen Alttextilien jetzt über Asien nach Afrika gelangen, da der Anteil Asiens an den afrikanischen Importen von 4,54 % im Jahr 1995 auf 51,22 % im Jahr 2022 zugenommen hat, wohingegen im gleichen Zeitraum der Anteil Europas von 92,51 % auf 37,81 % sank (vgl. Wang et al. 2025, S. 12). Das Hauptziel afrikanischer Empfängerländer von Alttextilien stellt die Wiederverwendung dar, während in den asiatischen Empfängerländern Downcycling, Textilrecycling und die Aufbereitung für den Reexport bedeutend sind (vgl. ETC/CE 2023a, S. 20). Einige afrikanische Länder (z. B. Kenia, Tansania, Ghana) sind mittlerweile von Alttextilimporten abhängig, u. a. weil die heimische Industrie nicht mehr in der Lage ist, die Inlandsnachfrage durch lokale Produktion zu decken (ETC/CE 2023a, S. 15). In Ghana hat der Secondhand Kleidungsmarkt einen Marktanteil von ca. 90 % (Agra et al. 2015) und in Tansania stammen 75 % der Kleidungsstücke aus zweiter Hand (vgl. Jepa Africa 2025).

Diskurse über Importverbote und -beschränkungen für Alttextilien werden regelmäßig geführt. Begründet werden sie mit dem Schutz der heimischen TBI (z. B. Ruanda), der

Minderung von Gesundheits-/Hygienrisiken (z. B. Ghana) oder der Begrenzung von Abfallimporten und Umweltschutz (z. B. China). Ein generelles Einfuhrverbot für Altkleider gibt es z. B. in Algerien, Bolivien, China, Ecuador, Paraguay, Indonesien, Sudan, Vietnam und den Philippinen (Law Library of Congress (LLoC) 2024, S. 1). Einzelne Länder unterscheiden bei den Zwecken, so dass z. B. Spenden in Peru und Brasilien erlaubt bleiben (ebd.). Ghana, Kenia und Tansania haben kein komplettes Verbot, sondern beziehen sich auf einzelne Produktgruppen wie Unterwäsche (ebd.).

2016 initiierte die East African Community (EAC), eine zwischenstaatliche Organisation zur Förderung regionaler Integration und Zusammenarbeit in Ostafrika, ein Importverbot für Alttextilien ab 2019. Allerdings wurde dies von den USA unterbunden (ETC/CE 2023a, S. 15). Der *African Growth and Opportunity Act* (AGOA) sollte als Handelspräferenzprogramm durch gesteigerte Exporte an die USA einigen afrikanischen Ländern wirtschaftliche Möglichkeiten eröffnen. Allerdings besagte dieses Abkommen auch, dass die Einfuhr von Alttextilien nicht verboten werden darf, ohne den zollfreien Status gegenüber den USA zu verlieren (ebd.). SMART (ein US-Verband von Alttextilexporturen) begründete die Haltung der USA damit, dass Importverbote dieser Länder ein Hindernis für den US-Handel bedeuten würden und dass die Auswirkungen u. a. der Arbeitsplatzverlust von 40.000 US-Amerikanern, sowie die Verlagerung der Alttextilien auf US-Deponien bedeuten würde (Friedman 2017). Da viele der afrikanischen Länder von den Zollvergünstigungen der USA abhängig sind, wurde das Einfuhrverbot letztendlich nicht umgesetzt. Lediglich Ruanda betonte, die eigene Wirtschaft und Industrie aufbauen zu wollen und erließ eine starke tarifäre Abschottung (vgl. LLoC 2024, S. 21). Auch Uganda hat 2023 ein Verbot angekündigt, es bislang aber noch nicht umgesetzt (ebd., S. 24).

Die Dynamik des globalen Alttextilmarktes macht sich auch im Preis bemerkbar, der von einer großen Volatilität geprägt ist. 2000 lag der durchschnittliche Preis pro Kilogramm Alttextilien bei 0,76 €, 2019 bei ca. 0,57 € (ETC/CE 2023a, S. 2) und September 2024 fiel er auf 0,15–0,28 € (Wenzel & Buchenauer 2024). Zu den zentralen Ursachen zählen die abnehmende Qualität von Altkleidern infolge der zunehmenden Verbreitung von Fast Fashion Produkten, die partielle Marktsättigung in Ländern des Globalen Südens sowie Defizite in der Infrastruktur und der bislang unzureichende Ausbau eines leistungsfähigen Textilrecyclingsystems, das eine stetige Nachfrage generiert.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der globale Altkleiderhandel ein sehr dynamisches, komplexes und teilweise intransparentes Handelssystem darstellt, das sowohl wirtschaftliche Chancen aber auch kritisch zu sehende Abhängigkeiten für den

Globalen Süden enthält. Diese Komplexität wird durch eine Kombination aus historisch begründeten (Kolonial-) Handelsbeziehungen, Zollrichtlinien und -hemmnissen und dynamischen Wirtschaftsfaktoren, wie sich entwickelnden Verarbeitungskapazitäten für Alttextilien angetrieben. Weitere, kontinuierliche Marktbeobachtungen sind für die Entwicklung einer verlässlicher Textilrecyclinginfrastruktur unerlässlich.

2.5 Zur Notwendigkeit des Textilrecyclings

Die Textil- und Bekleidungsbranche zählt zu den ressourcenintensivsten Industriezweigen der Welt und verfolgt fast ausschließlich ein lineares Modell, bei dem Rohstoffe entnommen, Produkte hergestellt, genutzt und anschließend entsorgt werden (*take-make-dispose*). Die zahlreichen negativen Auswirkungen der Branche auf Umwelt, Ökosysteme und auf die soziale Dimension der Nachhaltigkeit sind umfassend dokumentiert und bekannt: Die wesentlichen Auswirkungen umfassen das Klima, den Süßwasserverbrauch, den Einsatz von Chemikalien, den Verlust biologischer Vielfalt, die Landnutzung sowie soziale Aspekte. Um die Bedeutung der Erhaltung bereits eingesetzter Ressourcen durch Wiederverwendung und Textilrecycling zu betonen, sollen hier kurz die zentralen Problembereiche der TBI dargestellt werden.

Die globale TBI ist für 3–10 % der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich (vgl. Niinimäki et al. 2020, S. 189; McKinsey & Company 2022, S. 13). Dabei setzen wichtige Produktionsländer wie China, Indien und Vietnam weiterhin hauptsächlich auf fossile Energieträger wie Kohle. Die Industrie verbraucht zudem jährlich ca. 93 Mrd. m³ Süßwasser und ist für ca. 20 % der weltweiten Wasserverschmutzung durch Färb- und Veredelungsprodukte verantwortlich (EU Parlament 2020; McKinsey & Company 2022, S.13). Durch den Einsatz synthetischer Fasern trägt sie zu 35 % zur primären Mikroplastikverschmutzung der Ozeane bei (Niinimäki et al. 2020, S. 189). Die TBI verwendet mehr als 15.000 verschiedene Chemikalien, etwa 42 Mio. t jährlich (Roos et al. 2019, S. 839; Fahmy et al. 2025, S. 49). Einige Substanzen davon sind nachweislich toxisch für den Menschen und die Ökosysteme (z. B. Azo-Farbstoffe), persistent oder bioakkumulativ (z. B. PFAS). Der gesamte Ressourceneinsatz (inkl. Materialien, Energiestoffen, Maschinen etc.) der Branche basiert zu über 99 % auf neuen Rohstoffen, lediglich 0,3 % aller eingesetzten Materialien sind recycelt (Circle Economy 2024, S. 8). In diesem Kontext erscheint es umso wichtiger, die bereits eingesetzten Ressourcen durch Kreislaufstrategien wie Wiederverwendung oder Recycling bestmöglich zu nutzen.

In der sozialen Dimension der Nachhaltigkeit sind die negativen Auswirkungen der TBI vielfach schwerer quantifizierbar, auch weil ein großer Teil davon im globalen Süden im

informellen Arbeitssektor stattfindet. So sind in Bangladesch, Myanmar, Indien und Pakistan über 80 % der Textilarbeitenden informell beschäftigt (ILO 2022, S. 18). Die sozialen Sektorrisiken beinhalten Kinder- und Zwangsarbeit, niedrige Löhne, Gesundheits- und Sicherheitsrisiken sowie Diskriminierung und geschlechtsspezifische Gewalt (BNT 2020, S. 5). Vielfach werden keine existenzsichernden Löhne gezahlt und der Arbeitsschutz bleibt hinter internationalen Normen zurück (vgl. BNT 2019, S. 3ff.). Hinzu kommt, dass die Beschäftigten in den Produktionsländern zunehmend den Auswirkungen des Klimawandels ausgesetzt sind, insbesondere durch die Zunahme von Hitzewellen und Überflutungen. Die ILO gibt an, dass bereits heute 66 Mio. Beschäftigte in der TBI durch Hitze belastet sind und bis 2030 etwa 2,2 % der globalen Arbeitsstunden durch Hitzestress verloren gehen könnten (ILO 2019, S. 3). Die Belastungen für die Beschäftigten durch den Klimawandel verdeutlichen auch, wie eng soziale und ökologische Risiken miteinander verknüpft sind.

Textilabfälle, die auf Deponien landen, stellen eine erhebliche Belastung für die Umwelt dar. Naturfasern wie Baumwolle und Wolle sind zwar biologisch abbaubar, erzeugen aber während des Zersetzungsprozesses das klimaschädliche Treibhausgas Methan (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 91). Kunststoffbasierte Fasern hingegen verbleiben jahrzehntelang auf Mülldeponien und setzen dabei Mikroplastik frei. Des Weiteren führt die Lagerung auf Deponien zu einer Belastung des Grundwassers mit toxischem Sickerwasser, das Farbstoffe, Chemikalien und Mikroplastik der Alttextilien enthält (ebd.). Die Deponie setzt Gase frei, welche die Luft verschmutzen und für die angrenzenden Bewohner ein Gesundheitsrisiko darstellen können. Die offene oder illegale Verbrennung der Alttextilien setzt zudem hohe Konzentrationen gesundheitsschädlicher Gase wie Stickstoffoxide, Schwefeldioxide, Kohlenmonoxid und Feinstaub frei (Wang et al. 2023, S. 8927). Dabei emittieren insgesamt 60–90 % der Schadstoffe während des offenen Brandes (ebd.).

Global betrachtet wird das Potenzial einer zirkulären Nutzung von Textilien bislang nicht ausgeschöpft, da ein Großteil deponiert oder verbrannt wird. Im Unterschied zu verhaltensbezogenen Strategien wie Suffizienz, längerer Nutzungsdauer oder Reparaturmöglichkeiten, die maßgeblich von individueller Akzeptanz und Konsumverhalten abhängen, eröffnet Textilrecycling die Möglichkeit, mit vorhandenen Technologien relativ kurzfristig erhebliche Mengen an Alttextilien zu verarbeiten. Damit stellt es eine weniger verhaltensabhängige, sondern stärker technologische Lösung zur Abfallreduktion dar, die auch ökonomische Chancen bietet. Textilrecycling reduziert zudem die Notwendigkeit auf Frischfasern zurückzugreifen, wodurch der intensive Verbrauch natürlicher Ressourcen

wie Wasser, Energie und Land gesenkt werden kann. Recycling von Textilien kann die Treibhausgasemissionen um 53 %, die chemiebedingte Umweltbelastung um 45 % und die Eutrophierung von Gewässern um 95 % verringern (Fahmy et al. 2025, S. 49). Eine Schätzung des Recycling-Unternehmens Paultex in Prato geht davon aus, dass durch die 22.000 t, die jährlich an Alttextilien (v.a. Wolle) in Prato recycelt werden, Einsparungen von etwa 60 Mio. kWh an Energie, 500.000 m³ an Wasser, 18.000 t an CO₂, 1000 t an Schwefeldioxid, 650 t an chemischen Hilfsmitteln und 300 t an Farbstoffen im Vergleich zu der Produktion von Frischfasern erreicht werden können (Paultex Lanificio 2019).

Durch das Recycling textiler Abfälle können zudem neue Geschäftskonzepte entstehen und Arbeitsplätze in den Bereichen Sammlung, Sortierung, Verarbeitung und Vermarktung geschaffen werden. Auch für Entwicklungs- und Schwellenländer ergeben sich hier Chancen. Der Aufbau einer wachsenden Recyclingindustrie könnte zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeiten schaffen und zur Formalisierung von Arbeit beitragen.

Im sozialen Kontext trägt Textilrecycling auch zur Bewusstseinsbildung für einen verantwortungsvolleren Konsum bei. Es fördert die Idee der Kreislaufwirtschaft, bei der Produkte am Ende ihrer Lebensdauer nicht einfach weggeworfen, sondern als Ressource für neue Produkte betrachtet werden. Dies kann längerfristig betrachtet zu einem Wandel in den allgemeinen Konsumgewohnheiten führen, die nicht nur Bekleidung betreffen. Es fördert eine gesellschaftliche Verantwortung für den eigenen Ressourcenverbrauch und unterstützt dadurch indirekt auch das Gemeinwohl.

Insgesamt zeigt sich, dass Textilrecycling ein wichtiges Instrument ist, um die ökologischen und sozialen Belastungen der Branche zu mindern. Es kann zwar nicht alle Herausforderungen der Branche lösen, bspw. den Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt, aber es eröffnet konkrete Chancen für Ressourcenschonung, Emissionsreduktion und neue Beschäftigungsmöglichkeiten. Damit bildet es einen wichtigen Baustein bei der Transformation zu einer kreislauffähigen Textil- und Bekleidungsindustrie.

3 Grundlagen des Textilrecyclings

3.1 Textile Recyclingarten und wichtige Begrifflichkeiten

Um textile Recyclingarten systematisch einordnen zu können, bietet es sich an, auf bestehende Prinzipien der Abfallbewirtschaftung zurückzugreifen. Ein weithin anerkanntes Orientierungsmodell ist die Abfallhierarchie, die sich in der europäischen Umweltpolitik als Prioritätenreihenfolge etabliert hat (s. Abb. 2, auf Textilien übertragen).

Die Abfallvermeidung und -prävention hat innerhalb dieser Hierarchie die oberste Priorität und kann in erster Linie durch Suffizienz und eine längere Nutzenphase verfolgt werden. Die Wiederverwendung textiler Produkte hat ein größeres Potenzial zur Reduzierung der Umweltauswirkungen als das Recycling und ist daher zu bevorzugen (vgl. Systemiq 2025, S.13; Circle Economy 2024, S.49). Eine angemessene Pflege und Reparaturfähigkeit fördert die längere Nutzenphase des Textils. Des Weiteren kann bereits aussortierte Bekleidung weiterverschenkt oder verkauft werden, so dass sie dem Kreislauf gleichwertig erhalten bleibt. Vor diesem Hintergrund haben sich in den letzten Jahren neue Geschäftskonzepte und Formate etabliert: Neben klassischen Secondhandläden entstanden Kleidertausch-Events und Online-Marktplätze wie Vinted oder Momox Fashion, wobei zunehmend auch nachhaltige Labels (Bsp.: Patagonia, Vaude, Armedangels) eigens aufgesetzte Secondhandplattformen nutzen, um gebrauchte Kleidung systematisch in ihr Geschäftsmodell zu integrieren.

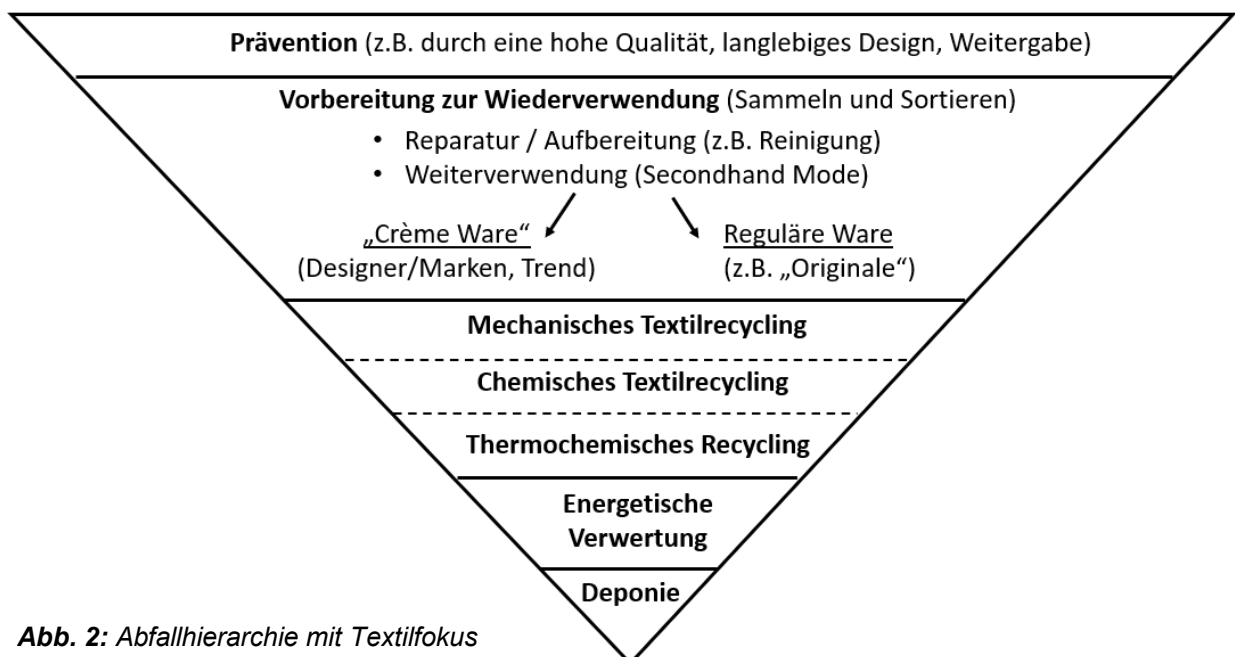


Abb. 2: Abfallhierarchie mit Textilfokus

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Reinkenhoff & Ahlmann (2023, S. 15), Seifali Abbas-Abadi et al. (2025, S. 15)

Start-ups wie Mended oder Repair Rebels digitalisieren dabei Reparaturangebote und Online-Anbieter wie Sellpy agieren als Zwischenhändler für den Online-Weiterverkauf.

Einen weiteren Ansatz verfolgen die *Fashion-as-a-Service*-Konzepte, welche den klassischen Besitz von textilen Produkten hinterfragen und über zeitlich begrenzte Miet- oder Leasingdienste die Nutzungsdauer und -intensität durch Wiederverwendung erhöhen möchten. Beispiele hierfür sind die Kleiderlei, in der man sich für einen monatlichen Betrag mehrere Bekleidungsstücke leihen kann oder der Schuhhersteller On, der sein Modell Cyclon als Dauermietmodell anbietet, dass jederzeit gegen ein Neues ausgetauscht werden kann, wobei das Alte nach der Nutzung über einen Kreislauf wieder zu dem gleichen Modell recycelt wird (On o. J.). Eine Studie der Ellen MacArthur Foundation (2021, S. 5) schätzt, dass diese Art der Umsätze bis 2030 ca. 23 % (ca. 700 Mrd. US-Dollar) des globalen Bekleidungsmarktes ausmachen können. Ob diese Konzepte jedoch zu einer echten ökologischen Entlastung beitragen, ist kritisch zu prüfen, da insbesondere Transportwege, zusätzliche Waschvorgänge sowie der Einsatz von Energie, Wasser und Chemikalien den ökologischen Nutzen schmälert.

Ziel der Vorbereitung zur Wiederverwertung ist es, Abfälle durch Sammlung, Sortierung und gegebenenfalls geringfügige Instandsetzungsmaßnahmen erneut in eine Nutzungsphase zu überführen. Mit der Sammlung der Alttextilien beginnt die Rückführungslogistik (*Reverse Supply Chain*). Sie verfolgt das Ziel, gebrauchte Textilien aus den Konsumströmen zurückzuführen und geeigneten Wiederverwendungs- oder Recyclingpfaden zuzuführen. Obwohl gesammelte Alttextilien in der EU rechtlich den Status von Abfall besitzen, können sie diesen im Zuge der Sortierung verlieren (*End-of-waste-Regelung*) (Reinkenhoff & Ahlmann 2023, S. 15). Dies gilt, sofern eine Wiederverwendung ohne aufwändige Bearbeitung möglich erscheint (ebd.). Nach Schätzungen der EU trifft dies auf ca. 50–75 % der in der EU gesammelten Alttextilien zu (vgl. Šajn 2022, S. 5).

Ist die Wiederverwendung der Alttextilien nicht möglich, erfolgt ihre stoffliche Verwertung im Rahmen des Recyclings. Darunter versteht die Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/98/EG, Art. 3, Abs. 17) jedes Verfahren zur Aufbereitung von Abfallmaterialien, ausgenommen sind jedoch die energetische Verwertung sowie die Herstellung von Brennstoffen oder Verfüllmaterial. Auf die verschiedenen Verfahren des Textilrecyclings wird im dritten Kapitel genauer eingegangen, wobei der Fokus dieser Arbeit auf *Faser-zu-Faser-Recycling* (F2F-Recycling) bzw. *Textil-zu-Textil-Recycling* (T2T-Recycling) liegt: Aus dem Alttextil soll im Zuge des Recyclings wieder eine textile Faser entstehen, aus der gleich- oder höherwertige Textilprodukte entstehen können. Dieser Vorgang wird

im Kontext der Kreislaufwirtschaft als geschlossenes Recyclingsystem, *Closed-Loop-Recycling*, bezeichnet. Demgegenüber steht das *Downcycling*, bei dem zurückgewonnene Materialien oftmals im Rahmen eines *Open-Loop-Recycling*prozesses zu Konsum- oder Industrieprodukten mit niedrigerem Wertschöpfungsniveau (z. B. Putzlappen) verarbeitet werden (vgl. GIZ 2025, S. 3). Aktuell werden etwa 13 % des jährlich global anfallenden Textilabfalls recycelt, wobei 12 % einem Downcycling zugeführt werden, max. 1 % landet in dem F2F-Kreislauf und wird wieder zu einem neuen Textil (Luptáčík et al. 2021, S. 7).

Vor allem im Globalen Süden, wo die größten Mengen an Textilabfällen ankommen, haben sich in den vergangenen Jahren vielfältige Ansätze des *Upcyclings* etabliert. Dabei handelt es sich um eine Form des Recyclings und zugleich der Wertschöpfung, bei der ausrangierte Textilien durch Bearbeitung und Verschönerung in Produkte von vergleichbarem oder höherem Wert transformiert werden (vgl. ebd.). Ein Beispiel hierfür bietet die in Ghana ansässige gemeinnützige Organisation The Revival, die Upcycling-Ansätze auf professioneller Ebene verfolgt und so bereits über 2 Mio. Alttextilien des Kantamanto Marktes recycelt hat (s. Anhang A3; Campbell 2025).

Die vierte Stufe der Abfallhierarchie ist die energetische Verwertung. Dabei ersetzen Textilabfälle andere Materialien, die ansonsten zur Energie- und Wärmeerzeugung eingesetzt würden. Da die Verbrennung von Bekleidung keine Recyclingoption darstellt, wird auf eine vertiefte Auseinandersetzung mit dieser Verwertungsform verzichtet.

Die fünfte und letzte Stufe der Abfallhierarchie ist die Deponierung. Global betrachtet landen die meisten Alttextilien immer noch in den gemischten Siedlungsabfällen und damit letztendlich auf Deponien. Sie stehen für ein lineares Abfallverständnis, in dem Abfälle nicht als Ressource, sondern als zu entsorgendes Restprodukt betrachtet werden. In der Übergangsphase zur Kreislaufwirtschaft kann die Beseitigung auf Deponien jedoch weiterhin notwendig sein, etwa bei Textilien, die erhebliche Gesundheits- und Umweltgefahren bergen (z. B. Asbest).

3.2 Die gesetzlichen Rahmenbedingungen

Die Europäische Union spielt eine wichtige Rolle bei der Förderung des Textilrecyclings und hat mit dem Green Deal und der EU-Textilstrategie einen regulatorischen Rahmen geschaffen, der die Transformation hin zu einer ressourcenschonenden und zirkulären Wirtschaftsweise unterstützen soll. Im Zusammenhang mit dem Recycling von Alttextilien sind vor allem die folgenden Verordnungen und Richtlinien relevant.

3.2.1 Textilkennzeichnungsverordnung (EU) Nr. 1007/2011

Die Textilkennzeichnungsverordnung verpflichtet Hersteller zur Angabe der Faserzusammensetzung und enthält spezifische Regelungen für Fasermischungen (Šajn 2022, S. 8). Diese Vorgaben beeinflussen die manuelle Sortierung von Alttextilien, da auch die Etiketten von Sortierbetrieben zur Identifikation der Materialien herangezogen und damit für die Steuerung der Inputströme des Textilrecyclings genutzt werden. Allerdings ist die Kennzeichnung primär auf Verbraucher ausgerichtet und erweist sich für die Anforderungen an Ressourcenkreisläufe als unzureichend. So dürfen Multifasererzeugnisse „sonstige Fasern“ enthalten, wenn diese max. 15 % ausmachen und gefütterte Artikel müssen nur den Hauptfutterstoff angeben, wenn das Nicht-Hauptfutter unter 30 % liegt (EU 2011, Art. 9, Abs. 2 u. Art. 11, Abs. 2). Informationen über eingesetzte Chemikalien, Ausrüstungen oder Verarbeitungsdetails, die für ein hochwertiges Recycling entscheidend wären, fehlen komplett (vgl. Duhoux et al. 2021, S. 117). In einer Untersuchung wurde zudem angegeben, dass mindestens 4 % von zufällig ausgewählten Alttextilien aus der getrennten Sammlung eine andere Materialzusammensetzung aufwiesen als auf dem Etikett angegeben (Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 6).

3.2.2 Abfallrahmenrichtlinie (EU) 2008/98/EG (WFD)

Die Abfallrahmenrichtlinie legt einen klaren Rahmen für die EU-Abfallwirtschaft fest. Sie umfasst u. a. die Abfallhierarchie oder den Ansatz des separaten Sammelsystems für Textilien ab 2025. Dahinter steht das Ziel Kreislaufwirtschaft sowie das Recycling stärker zu fördern und ein Verbraucherbewusstsein für Wertstoffe durch die Trennung bei der Entsorgung zu schaffen. Duhoux et al. (2021, S. 116) kritisieren jedoch, dass sie in Bezug auf Textilrecycling lückenhaft ist, da Sortierkriterien für Textilabfälle und Kriterien für das Ende der Abfalleigenschaft fehlen. Die WFD verankert zudem seit 2008 auch das Prinzip der EPR, bislang jedoch nicht für Textilien. Mit der aktuellen Revision sollen diese Defizite behoben werden. Gleichzeitig ist vorgesehen, nationale Regelungen (z. B. in Frankreich oder den Niederlanden) in ein harmonisiertes europäisches System zu überführen. Kern des Ansatzes ist es, zukünftig Inverkehrbringer von Textilien und Bekleidung finanziell für den gesamten Lebenszyklus ihrer Produkte verantwortlich zu machen. Die Höhe der Abgaben wird dabei über Ökomodulation ausgestaltet und ist an die Einhaltung von Ökodesignanforderungen gekoppelt (EU Parlament 2023, Art. 39). Hersteller erhalten dadurch einen ökonomischen Anreiz, Produkte nachhaltiger zu gestalten, beispielsweise durch bessere Recyclingfähigkeit oder den Einsatz umweltfreundlicher Materialien. Die EPR-Gebühren sollen zudem eine langfristige Sammel-, Sortier- und Recyclinginfrastruktur finanzieren und damit den Übergang zu einem zirkulären

Textilwirtschaftssystem unterstützen. Der Vorschlag der Revision integriert dabei auch die soziale Dimension der Nachhaltigkeit: So soll die Rolle von Sozialwirtschaftsunternehmen im Bereich des Textilrecyclings gestärkt werden. Sie sollen als Partner für die Skalierung des Sammel-/Sortier- und Recyclingprozesses angesehen werden, auch weil sie hochwertige Arbeitsplätze für benachteiligte Gruppen schaffen (vgl. EU Parlament 2024, Amendment 20, Recital 25). Die Abstimmung zur überarbeiteten WFD soll noch in diesem Jahr stattfinden. Ein europäisches Netzwerk von Sozialunternehmen erwartet die Umsetzung nationaler EPR-Systeme im zweiten Halbjahr 2028 (Rreuse 2025).

3.2.3 Ökodesignverordnung (EU) 2024/1781 (ESPR)

Ziel der Ökodesignverordnung ist es, über Minimalanforderungen an die Produktgestaltung deren Kreislauffähigkeit zu erleichtern. Über eine angepasste und durchdachte Neugestaltung der Produkte soll die Ressourceneffizienz gesteigert und die Abfallgenerierung verringert werden. Dabei stehen die Aspekte Langlebigkeit, Wiederverwendbarkeit, Reparierbarkeit, F2F-Recyclefähigkeit, Rezyklatanteil und Sicherheit im Vordergrund (vgl. Löw et al 2024, S. 33). Die ESPR ist bereits in Kraft, doch die konkrete Umsetzung für Textilprodukte muss noch durch delegierte Rechtsakte und Durchführungsbestimmungen präzisiert werden, welche die spezifischen Anforderungen für den Textilsektor festlegen. Informationen über das Produkt sollen zukünftig über einen *Digitalen Produktpass* (DPP) transparent gemacht werden, der beispielsweise neben der genauen Faserzusammensetzung auch Details zur Produktion enthalten könnte. Die Verordnung könnte zudem Vorgaben zum Einsatz von recycelten Materialien machen, wodurch die Nachfrage nach Recyclingfasern gesteigert werden könnte. Eine belgische Studie schlägt einen Rezyklatanteil von 5 % ab 2027 vor, der jährlich um 2–3 % steigen soll, da die TR-Industrie zunächst entsprechende Kapazitäten aufbauen muss (de Burgt et al. 2023, S. 57f.). Zudem empfiehlt die Studie die Einführung einer Mindestlebensdauer für Textilien mit einer Differenzierung zwischen kurz- und langlebiger Kleidung: Erstere sollte überwiegend Post-Consumer-Rezyklate, letztere vorrangig höherwertige postindustrielle Textilabfälle enthalten (ebd.). Ferner wird auf den Zielkonflikt zwischen steigendem Rezyklatanteil und Produktqualität hingewiesen, da recycelte Fasern derzeit häufig nicht die Haltbarkeit von Frischfasern erreichen.

Schätzungen zufolge werden 6,5–30 % der auf dem EU-Markt platzierten Bekleidung nicht verkauft (Niinimäki et al. 2020, S. 195; Circle Economy 2024, S. 16). Von dieser Überproduktion werden wiederum 4-9 % vernichtet, was 264.000–594.000 t/Jahr entspricht (ETC/CE 2024a, S. 17). Die Ökodesignverordnung adressiert dieses Thema, indem die Vernichtung unverkaufter Textilprodukte verboten werden soll (Verordnung (EU)

2024/1781, Artikel 25). Ab dem 19. Juli 2026 müssen große Unternehmen und ab 2030 auch mittlere Unternehmen Informationen über entsorgte unverkaufte Produkte veröffentlichen. Allerdings bleibt der Anwendungsbereich unklar, da bestimmte Produktgruppen wie Meterware oder textile Vorprodukte nicht erfasst werden und zahlreiche Ausnahmeregelungen (s. Artikel 25,(5) a-g) sowie Übergangsfristen bestehen (vgl. Oklp 2025). So dürfen z. B. Produkte vernichtet werden, wenn sie als Spende abgelehnt wurden. Eine genauere Erläuterung wer diese Ablehnung aussprechen darf (z. B. wohltätige Organisation, Personen, der Händler selbst) fehlt allerdings.

3.2.4 Abfallverbringungsverordnung (EU) 2024/1157

Die Abfallverbringungsverordnung ist am 20. Mai 2024 in Kraft getreten und soll sicherstellen, dass Abfälle aus der EU nicht unkontrolliert in Drittländer exportiert werden. Ziel ist eine global umweltgerechte Abfallbewirtschaftung (EU Commission o. J. c). Insbesondere sollen Textilien stärker von Deponien und Verbrennungsanlagen ferngehalten und zugleich die externalisierten ökologischen und sozialen Kosten unzureichend verwalteter Abfallexporte in den globalen Süden reduziert werden (Systemiq 2025, S. 13). Dafür gelten künftig strengere Vorschriften für Exporte in Nicht-OECD-Länder: Diese müssen Anträge stellen und nachweisen, dass geeignete Anlagen und Verfahren vorhanden sind (EU Commission 2025). Ab Mai 2027 ist die Verbringung von Textilabfällen untersagt, sofern keine Garantie für eine umweltgerechte Entsorgung vorliegt. Relevante Länder wie Indien, Malaysia und Pakistan haben bereits entsprechende Anträge eingereicht (EU Commission 2025).

3.3 Sammlung und Sortierung von Alttextilien

3.3.1 Die separate Sammlung der Alttextilien

Sammelsysteme von Wertstoffen können in Hol- und Bringsysteme unterteilt werden. In der EU dominiert bei Alttextilien das Bringsystem der Depot-Containersammlung, ergänzt durch kommunale Sammelplätze wie Recyclinghöfe (ETC/CE, 2024b, S. 10). Dabei wird die Sammlung vorwiegend von spezialisierten Entsorgungs- und Recyclingunternehmen sowie karitativen Einrichtungen durchgeführt, wobei Bekleidungsunternehmen zunehmend auch eigene Rücknahmesysteme für Alttextilien implementieren. Nach eigenen Angaben hat H&M z. B. seit 2013 über 172.000 t aussortierte Textilien gesammelt (H&M o. J.). In größeren Städten erscheint zudem die Möglichkeit Alttextilien durch Start-up-Unternehmen wie Recyclehero und Textiltiger abholen zu lassen.

Die logistische Handhabung stellt dabei eine zentrale Herausforderung dar: Transport- und Sortierprozesse sind kostenintensiv und bestimmen maßgeblich die Wirtschaft-

lichkeit, da Textilabfälle nur über einen geringen Wert verfügen (vgl. Burini et al. 2025, S. 510). Schon kleine Unterschiede bei den Transportkosten können die Rentabilität beeinflussen. Die Sammel- und Sortierunternehmen in Europa werden zudem durch die 2025 eingeführte getrennte Sammlung der Alttextilien stark belastet, da die Infrastruktur nicht auf einen rapiden Anstieg ausgelegt war. Steigende Betriebskosten und sinkende Gewinnmargen durch den zunehmenden Anteil minderwertiger Alttextilien gefährden die langfristige Finanzierbarkeit des textilen Sammel- und Recyclingsystems in Europa. Der britische Branchenverband Textile Recycling Association (TRA) warnte 2024 vor einem möglichen Zusammenbruch des Textilrecyclings infolge globaler Marktherausforderungen (TRA 2024) und der europäische Branchenverband EuRIC Textiles forderte Ende 2024 eine schnelle Umsetzung der EPR sowie Investitionen in Recyclingtechnologien und Infrastruktur, um den Herausforderungen gerecht zu werden (EuRIC Textiles 2024).

Im globalen Süden hingegen existiert oftmals kein strukturiertes Sammelsystem. Die Sammlung ist dort weitgehend unreguliert und häufig ineffizient organisiert (Fahmy et al., 2024, S. 48). Neben gemeinnützigen Organisationen, die im lokalen Kontext eigene Sammelsysteme aufbauen, ist es mittlerweile vor allem PIW, der in produzierenden Ländern wie Bangladesch oder Vietnam ein Interesse geweckt hat. In Bangladesch werden diese lokal als *Jhut* bezeichneten Textilabfälle inzwischen von Produktionsfabriken gesammelt, sortiert und zur Weiterverarbeitung an Marktcluster in verschiedene Teile des Landes transportiert (Md. Khairul Akter et al. 2025).

3.3.2 Die Sortierung der Alttextilien

Die Sortierung der Alttextilien ist der wichtigste Schritt, um anschließende Wiederverwendungs- und Recyclingpfade zu ermöglichen. Ein Großteil der Sortierung läuft noch manuell und daher vorwiegend in Niedriglohnländern ab (Tischberger-Aldrian et al. 2024, S. 67). Zu Beginn des Sortierprozesses werden die qualitativ hochwertigsten Stücke (*Crème-Ware*, ca. 3–5 %) zum Weiterverkauf aussortiert (Reinkenhoff & Ahlmann 2023, S. 56). Ein Großteil der Alttextilien wird nach dieser Erstsichtung nicht weiter sortiert, sondern zu 45–55 kg schweren Ballen für den Export zusammengepackt, die teilweise unter dem Namen *Originale* verkauft werden (vgl. Reinkenhoff & Ahlmann 2023, S. 20). Die restliche Menge gelangt in die Fein-/Vollsortierung, in der nach Produktart, Größe, Material, Saison, Farbe etc. unterschieden wird. Die Feinsortierung ist dabei abgestimmt auf konkrete Bestellungen. Laut Angabe eines niederländischen Betriebs sortiert jeder Beschäftigte ca. 2.775kg/Tag (vgl. ebd., S. 18). Dabei müssen die Beschäftigten zwischen 100 und 300 Kategorien unterscheiden und schnelle Entscheidungen über die Qualität treffen (Šajin 2022, S. 5). Eine hohe Sortiertiefe mit einer Vielzahl von Unter-

kategorien stellt einen Wettbewerbsvorteil dar und lohnt sich wirtschaftlich (vgl. Fahmy et al. 2024, S. 48). Obwohl die Sortierung als arbeitsintensiver Engpass den gesamten Prozess bremst, bildet sie zugleich die wichtigste Einnahmequelle und generiert bis zu 90 % der Erlöse der Sortierunternehmen (vgl. van Duijn et al. 2022, S. 25). Ein großes Sammel- und Sortierunternehmen gibt an, dass 50–65 % der gesammelten Kleidung durch die Feinsortierung direkt wieder dem Secondhandkreislauf zugeführt werden, während rund 30 % zu Putzlappen oder Recyclingfasern weiterverarbeitet und 5–15 % thermisch verwertet werden (Texaid, o. J.).

Die Sortierung von Textilabfällen kann durch (halb-)automatische Verfahren erleichtert werden, die Kameras, Sensoren und Algorithmen verwenden, um Textilabfälle effizienter zu identifizieren (vgl. Tang 2023, S. 464). Die wichtigsten Verfahren zurzeit nutzen Nah-infrarot-Spektroskopie (NIR) zur Materialerkennung und Spektroskopie im sichtbaren Bereich (VIS) zur Farberkennung (vgl. Sandberg & Pal 2024, S. 3). Bei der Nah-infrarot-Spektroskopie emittieren Scanner Infrarotstrahlung und messen punktuell die reflektierte Strahlung der Textilabfälle (vgl. Tang 2023, S. 458). Diese werden softwaregestützt analysiert und liefern im Ergebnis die Faserzusammensetzung. Allerdings wird aufgrund der begrenzten Eindringtiefe des NIR-Lichts nur die Oberflächenbeschaffenheit der Textilien erfasst und eine korrekte Identifikation kann z. B. bei mehrschichtigen Textilien oder Textilien mit Oberflächenbehandlung nicht gewährleistet werden (vgl. Duhoux et al 2021, S. 60). Des Weiteren befinden sich Verfahren auf Grundlage der hyperspektralen Bildgebung (HSI) sowie der Radiofrequenzidentifikation (RFID) in Entwicklung (ebd.). Dadurch könnten Identifikationen zukünftig granularer werden, also z. B. reine Faserbereiche von Mischfaserbereichen an einem Kleidungsstück unterschieden werden. Die hyperspektrale und NIR-Bildgebung ist noch nicht störungsfrei. Helligkeitsungleichmäßigkeiten und Pixelanomalien können aktuell noch dazu führen, dass es zu Fehlklassifizierungen kommt (Tang 2023, S. 458).

Ein Beispiel für eine automatisierte Anlagen ist SIPTex in Schweden mit einer Kapazität von 24.000 t/Jahr. Die Anlage ist mit drei NIR/VIS-Sensoren und einem 260-Meter-Förderband ausgestattet und kann PIW und vorsortierte Textilien sortieren (EU Commission o. J. b). Der Fokus liegt auf Baumwolle, PET und Acryl (ebd.). Der Einbau solcher voll-automatisierten Anlagen ist allerdings mit hohen Vorlaufinvestitionen und einem großen unternehmerischen Risiko verbunden. SIPTex erhielt umfassende Förderungen durch die schwedische Regierung und von der EU (ebd.).

3.4 Textile Recyclingverfahren

In den vergangenen Jahren haben sich verschiedene technologische Ansätze entwickelt, um aus Alttextilien Rezyklatfasern herzustellen. Einzelne Verfahren sind bereits in der industriellen Großanwendung angelangt, jedoch bleibt die größte Herausforderung das F2F-Recycling von Mischfasern. Grundlage aller Verfahren ist eine Vorbehandlung, bei der die recyclingfähigen Alttextilien von nicht-textilen Störstoffen wie Reißverschlüssen, Knöpfen, Etiketten, Trägern oder Verunreinigungen befreit werden. Des Weiteren müssen je nach Verfahren Farbstoffe und Appreturen entfernt werden, bevor das Textil weiterverarbeitet werden kann (vgl. Duhoux et al. 2021, S. 33).

3.4.1 *Mechanisches und thermomechanisches Textilrecycling*

Das mechanische Textilrecycling ist das etablierteste und derzeit dominierende Recyclingverfahren. Es hat einen Marktanteil von 65–87 %, wird seit Jahrzehnten kommerziell genutzt und gilt als vollständig ausgereift (TLR 9) (Löw et al. 2024, S. 3; Tischberger-Aldrian et al. 2023, S.73). Das Verfahren wird sowohl für das Downcycling von Mischfasern als auch für ein F2F-Recycling von PET, Baumwolle und Wolle eingesetzt. Der häufigste Einsatzzweck ist ein Downcycling zu Vliesstoffen, Isolierungen, Füllungen oder als Zusatzstoff für Produkte wie z. B. Ziegel (vgl. Trzepacz et al. 2023, S. 13; vgl. Seifali Abbas-Abadi et al. 2025, S.29). Mechanisches Textilrecycling kann als eigenes Verfahren oder als Vorstufe für nachfolgende (bio-)chemische oder thermomechanische Technologien eingesetzt werden (Duhoux et al. 2021, S. 9). In dem ersten Schritt werden die vorsortierten Textilien mit Hilfe einer Garnettmaschine zerrissen und zerkleinert (s. Anhang A4). Die extrahierten Fasern werden als *Shoddy* bezeichnet (Kamble & Behera 2021, S. 84). Aus hochwertigen, reinen Materialströmen kann danach über das Kardieren mit Frischfasern ein Faservlies (Flor) hergestellt werden, das zu einem Garn gesponnen werden kann. Da die Fasern durch den Recyclingprozess stark beansprucht und verkürzt werden, ist zur Garnherstellung die Beimischung von Frischfasern notwendig. Der Anteil spinnbarer Fasern beträgt bei Naturfasern 5–20 % des Textilmaterials und bei Polycotton oder Polyester 25–55 % (Duhoux 2021, S.9). Die Herstellung der Garne beruht auf einem Rotorspinnverfahren, da es Fasern mit größerer Längenvariation zu geringeren Produktionskosten verarbeiten kann (Kamble & Behera 2021, S. 95). Aktuell ist es kaum möglich durch mechanisches Recycling ein qualitativ hochwertiges Textil zu 100 % aus recycelten Fasern herzustellen. Die Beimischung, bzw. der Hauptrohstoff müssen weiterhin Frischfasern sein, um eine ausreichende Qualität zu gewährleisten. Allerdings ist es auch das einzige Verfahren, bei dem Baumwolle chemisch nicht

verändert wird. Bei allen anderen TR-Verfahren wird sie in regenerierte Zellulose (z. B. Viskose) umgewandelt (Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 74).

Wie bei allen TR-Verfahren ist die Sortenreinheit der Alttextilien entscheidend für die Qualität der Rezyklatfasern. Fasermischungen sind für ein T2T-Recycling nicht geeignet. Ebenso können kleinste Verunreinigungen durch chemische Ausrüstungen das Ergebnis negativ beeinflussen (vgl. Duhoux et al. 2021). Um eine ausreichend gute Qualität zu gewährleisten wird außerdem bevorzugt PIW eingesetzt. Recover aus Spanien entwickelt und nutzt z. B. modernste Maschinen für das mechanische Recycling von Baumwolle, wodurch längere Fasern entstehen. (Kim & Lee 2025, S. 1455). Über einen Cross-Border-Ansatz hat das Unternehmen zudem die Technologie auch an Produktionsstandorten in Bangladesch, Pakistan und Vietnam eingeführt, um am Ort der Entstehung der Textilabfälle recyceln zu können (Recover Textiles 2024).

Thermomechanisches Recycling von Polyester (PET)

Einen zusätzlichen Schritt benötigt das mechanische Recycling von Polyester (PET). Das Zerkleinern auf Faserebene ist hier nur die Vorstufe für das anschließende thermomechanische Recycling. Die bis auf Faserebene zerkleinerten Alttextilien werden eingeschmolzen, um mittels eines Schmelzspinnverfahrens durch eine Spinn Düse zu neuen Fasern extrudiert zu werden. Auch hier bewirkt jeder Zyklus des Schmelzens und Neuspinnens, dass die Polymerketten mechanisch und thermisch beansprucht werden und die Qualität sinkt (vgl. Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 75). Neupolyester weist zudem eine andere Strukturviskosität, Kristallinität und Opazität als recyceltes Polyester auf, wodurch auch hier der maximale Anteil an Rezyklat in den Produkten begrenzt wird (vgl. Piribauer & Bartl 2019, S. 115).

Entscheidender Vorteil des mechanischen TR sind die guten ökologischen und ökonomischen Eigenschaften durch den geringeren Chemikalien³-, Wasser- und Energieverbrauch im Vergleich zu den anderen Verfahren (vgl. Lee & Kim 2025; vgl. Duhoux et al. 2021, S. 33f.). Auch ist es relativ einfach mit geringen Investitionen und weniger hochqualifiziertem Personal umzusetzen und kann schon für geringe Mengen eingesetzt werden (ebd.). Entscheidende Nachteile sind die starke Beanspruchung und Verkürzung der Fasern. Auch das Kontaminationsmanagement stellt eine Herausforderung dar. Alttextilien sind Black-Boxes, was den Chemikalieneinsatz während der Produktion betrifft. Es

³ Der eigentliche TR-Prozess benötigt keine Chemikalien. Es können aber in vorgelagerten Prozessen Wasch- oder Desinfektionsmittel für die Alttextilien eingesetzt werden. Beim Downcycling können für die Vliesherstellung auch Bindemittel eingesetzt werden (vgl. Duhoux et al. 2021).

kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch nicht REACH-konforme Substanzen in den recycelten Fasern verbleiben, wodurch regulatorische Herausforderungen entstehen (ebd., S. 9).

3.4.2 Chemisches Textilrecycling

Unter dem Begriff des chemischen Textilrecyclings sind verschiedene Verfahren zusammengefasst, die Alttextilien auf Monomer- oder auf Polymerebene in ihre Grundbausteine zerlegen. Eine kritische Analyse der Quellen zeigt, dass der Begriff des chemischen Textilrecyclings in der aktuellen Forschungsliteratur nicht einheitlich abgegrenzt ist und die einzelnen chemischen Prozesse und deren Abgrenzung zu verwandten thermomechanischen oder thermischen Verfahren auf unterschiedliche Weise zugeordnet werden. Angesichts dieser Divergenz wird für diese Arbeit die Unterscheidung nach einer Studie der Europäischen Union von Duhoux et al. (2021) sowie einer Studie von Kim & Lee (2025) vorgenommen.

3.4.2.1 Monomerrecycling (lösemittelbasierte Verfahren)

Die Depolymerisation⁴ ist im Bereich des chemischen Textilrecyclings das vielversprechendste Verfahren. Theoretisch wäre sie für viele Polymere einsetzbar, allerdings ist die Technologie bisher nur für Polyamid 6 und Polyester ausgereift (Duhoux et al. 2021, S.12). Der Marktanteil lag 2021 bei ca. 38 % (ebd., S. 49). Für die Depolymerisation wird eine Solvolyse⁵ unter definierten Bedingungen (Temperatur, Druck, Zeit, Katalysator) eingesetzt. Das Ziel bei Mischfasern ist eine Faser aufzulösen während die andere intakt bleibt. Die drei führenden Technologien sind die Hydrolyse, die Glykolyse und die Methanolyse (ebd., S. 53). Farbstoffe und Drucke, sowie bestimmte Oberflächenbehandlungen und Beschichtungen und leichte Verunreinigungen mit anderen Materialien stellen für das Verfahren kein Problem dar (ebd., S. 52). Für PET werden v.a. Lebensmittelverpackungen und PIW eingesetzt, für PA6 stark vorsortierter Post-Consumer-Abfall in Form von Teppichen und Fischernetzen und PIW. Recyclingunternehmen geben an aus wirtschaftlichen Gründen einen PET- oder PA6- Anteil von mindestens 80–90 % zu benötigen (ebd.). Um die vielfältigen Möglichkeiten zur Rückführung textiler Fasern in einen

⁴ Der Begriff der Depolymerisation beschreibt im Textilrecycling einen Prozess, bei dem sich die langkettigen Moleküle (Polymere) in ihre ursprünglichen Monomere zerlegen. Dem gegenüber steht der Begriff der Polymerisation, welcher in der Produktion von textilen Chemiefasern den chemischen Prozess beschreibt, bei dem sich die Monomere zu Polymeren verbinden.

⁵ Chemische Reaktion, bei der das Lösungsmittel eines der Reagenzien und in großem Überschuss vorhanden ist

Kreislauf zu verdeutlichen, werden die einzelnen Depolymerisationsverfahren kurz vorgestellt:

Hydrolyse: Bei der alkalischen Hydrolyse von PET wird dieses unter hydrothermalen Bedingungen in Terephthalsäure und Ethylenglykol gespalten, das zu neuwertigem PET repolymerisiert werden kann (Lee & Kim 2025, S.1456). Die alkalische Hydrolyse hat sich bei PET durchgesetzt, da sie im Vergleich zu neutralen und sauren Methoden kürzere Reaktionszeiten und niedrigere Temperaturen benötigt (Lee & Kim 2025, S.1455). Bei der Hydrolyse von PA6 entsteht Caprolactam, das zu PA6 in Neuqualität repolymerisiert werden kann.

Die Hydrolyse wird auch für das Recycling von Polycotton Mischungen eingesetzt: In einer Variante kann die gewonnene Cellulose nach der Auflösung im Viskoseverfahren weiterverarbeitet werden, während die PET-Polymere repolymerisiert werden (Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 75).

Ein Beispiel für ein Open-Loop-Recycling mittels Hydrolyse ist Wolle: Sie kann hydrolysiert werden, um Keratin zu gewinnen, das in kosmetischen oder biomedizinischen Anwendungen eingesetzt werden kann (ebd.).

Glykolyse: Die Glykolyse ist ebenfalls eine häufig angewandte Methode im PET-Recycling (Tang 2023, S.460). Die zerkleinerten Alttextilien werden mit Ethylenglykol in Gegenwart eines Katalysators erhitzt, wodurch Bis(2-hydroxyethyl)terephthalat (BHET) entsteht, das gereinigt und kondensiert zur Herstellung neuer Polyesterfasern genutzt werden kann (ebd.). Es gibt jedoch technische Einschränkungen, insbesondere im Hinblick auf die Entfärbung von Alttextilien, der Reinigung von BHET und der Rückgewinnung von Ethylenglykol (ebd.). Die Glykolyse zu Recyclingpolyester kann zu Fasern mit geringerem Molekulargewicht und geringerer Viskosität führen, was sich auf die mechanischen Eigenschaften negativ auswirkt und eine geringere Qualität liefert (ebd.).

Methanolyse: Bei dieser Methode wird eine Kombination aus Methanol, hohen Temperaturen (180–280°C) und Druck verwendet, um Polyester in Dimethylterephthalat und Ethylenglykol zu zerlegen und anschließend durch Polykondensation wieder zu neuem Polyester zu synthetisieren. Die Methanolyse ist der Glykolyse überlegen, da sie höherwertiges Recyclingpolyester erzeugen kann (ebd., S. 461). Allerdings ist sie mit höheren Kosten als die anderen Verfahren verbunden, wodurch sie weniger genutzt wird (TE 2024, S. 14).

Der entscheidende Vorteil der Depolymerisation liegt in der Fähigkeit, Sekundärrohstoffe von hoher Qualität zu erzeugen, die sich in ihrer chemischen und physikalischen

Beschaffenheit nicht oder kaum von Primärrohstoffen unterscheiden. Des Weiteren können auch Mischfaserprodukte, z. B. Polycotton, recycelt werden (Kim & Lee 2025, S. 1457). Die Depolymerisation von PET ist zudem emissionsärmer als die Produktion von Neupolymeren, da die Gewinnung und Verarbeitung fossiler Rohstoffe entfällt. Entscheidende Nachteile sind die hohen Kapital- und Betriebskosten auf Grund der hohen Temperaturen und des intensiven Chemikalien- und Energieeinsatzes (vgl. Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 74). Ein Effizienznachteil ergibt sich zudem, wenn die Reinheit des Inputmaterials unter 80-90 % liegt (Duhoux et al. 2021, S. 12). Des Weiteren sind die ökologischen und gesundheitlichen Risiken durch den umfangreichen Chemikalieneinsatz kritisch zu berücksichtigen.

3.4.2.2 Polymerrecycling

Dieses Verfahren wird vorwiegend für Zellulosefasern wie Baumwolle eingesetzt. Durch einen Zellstoffaufbereitungsprozess können diese chemisch zu regenerierter Zellulose (z. B. Viskose, Lyocell) recycelt werden (Duhoux et al. 2021, S.49). Einige Technologien verarbeiten 100 % Textilabfall, die meisten fügen jedoch mindestens 50 % Frischzellstoff hinzu, um bessere Fasereigenschaften und eine stetige Qualität zu erreichen (ebd.). Neue Technologien sind außerdem in der Lage in mehreren Schritten andere Fasern wie Polyester oder Elasthan aus gemischten Alttextilien zu entfernen (ebd.). Theoretisch kann der Zellulosegewinnungsprozess mehrmals wiederholt werden, allerdings schreitet auch hier, ähnlich wie beim thermomechanischen Recycling von PET, die Zersetzung der Polymerkette mit jeder Wiederholung weiter fort und die Qualität sinkt dadurch (Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 99). Die Technologie gilt als ausgereift, wird bereits seit einigen Jahren im kommerziellen Maßstab genutzt und ist wirtschaftlich tragfähig. Das Unternehmen Lenzing nutzt beispielsweise 1/3 Alttextilien aus Baumwolle für seine Refibra-Recycling-Zellulosefaser (Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 75). Mehrere Unternehmen der Faserindustrie (Lenzing, Birla, Renewcell, Södra, Spinnova) haben zudem Partnerschaften für die weitere Kommerzialisierung von MMFC-Fasern abgeschlossen (Stubbe et al. 2024, S. 9). Die Nachfrage am Markt ist vorhanden und wird die nächsten Jahre weiter ansteigen. Für Zellulosefasern ist Polymerrecycling eine etablierte vorteilhafte Lösung, bei der lediglich die Verringerung des Chemikalieneinsatzes in Weiterentwicklungen einfließen sollte.

3.4.2.3 Biochemisches Textilrecycling

Biochemisches Textilrecycling ist aktuell noch wenig etabliert und Teil diverser Forschungsprojekte. Es nutzt biologische Wirkstoffe wie Enzyme oder Mikroorganismen,

um Textilabfälle in eine breite Produktpalette, darunter Biokraftstoffe, Biopolymere, organische Säuren und Enzyme zu zerlegen (Tang 2023, S. 462). Bekannte Verfahren sind u. a. die enzymatische Hydrolyse. Sie entspricht der bereits vorgestellten Depolymerisation, wobei PET mit Hilfe eines Enzyms in seine Monomere Terephthalsäure und Ethylenglykol zerlegt wird, die anschließend zu neuen Fasern polymerisiert werden können (Duhoux et al. 2021, S. 56). Es ermöglicht das Recycling aller Formen von PET-Kunststoffen und -Fasern, auch in Mischungen, da die einzelnen Enzyme selektiv sind (ebd., S. 12).

Ein weiteres Verfahren ist die mikrobielle Fermentation. Mit Hilfe von Mikroorganismen wie Bakterien, Pilzen und Algen werden die biologisch abbaubaren Anteile von Textilabfällen in Biokraftstoffe, Biopolymere (z. B. Enzyme) oder organischen Säuren umgewandelt (vgl. Tang 2023, S. 461f.). Es ist aktuell allerdings nicht für ein F2F-Recycling geeignet.

Nachteile des biochemischen Recyclingverfahren sind die hohen Kosten für die Enzymproduktion und -stabilisierung (vgl. Kim & Lee 2025, S. 1457). Des Weiteren ist der biologische Abbau- und Fermentationsprozesse durch die langsamen Reaktionszeiten zeitintensiv und es gibt noch technische Hürden bei der Aufrechterhaltung optimaler Bedingungen für eine effiziente Zersetzung (ebd.). Vorteilhaft an dem Verfahren ist, dass ein selektives Entfernen spezifischer Fasertypen aus Mischgeweben gewährleistet werden kann. Des Weiteren können die Prozesse bei niedrigeren Temperaturen und damit milderen Prozessbedingungen ablaufen als die Depolymerisation, wodurch sie eine geringere Umweltbelastung haben (vgl. Duhoux et al. 2021, S. 54).

3.4.3 Thermochemisches Textilrecycling

Ziel des thermochemischen TR ist die Rückgewinnung von Polymeren oder niedermolekularen Bausteinen (vgl. Duhoux et al. 2021, S. 38). Es beinhaltet keine Verfahren zur Rückgewinnung textiler Fasern, sondern wird in erster Linie zur Materialrückgewinnung von Basismolekülen wie Monomeren, Synthesegasen und Ölen eingesetzt, die dann als Ausgangsstoffe für die chemische Industrie dienen (ebd.). Thermochemisches Recycling lässt sich in die Verfahren Gasification, Pyrolyse, Cracken und hydrothermale Verflüssigung unterscheiden (Tang 2023, S. 462f.). Die Technologie gilt als ausgereift (Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 75). Da der Fokus dieser Arbeit auf geschlossenen T2T-Recyclingkreisläufen liegt, sollen hier lediglich kurz zwei Verfahren erwähnt werden.

Bei der Pyrolyse werden organische Stoffe in Abwesenheit von Sauerstoff thermisch zersetzt, um Synthesegas, Öl und Holzkohle zu erzeugen. Diese Recyclingmethode

erreicht für Alttextilien eine hohe Umwandlungsrate von ca. 90 Gewichtsprozent. Das heißt, dass etwa 90 % der Masse an Altkleider, die in den Prozess gegeben werden auch thermochemisch zu Bioöl (35–65 %), Biogas (15–45 %) und festen Kohlenstoffrückständen (10–18 %) verwertet werden können (Kim & Lee 2025, S. 1459). Bei der Gasification oder Gaserzeugung handelt es sich um die partielle Oxidation organischer Stoffe bei hohen Temperaturen zu Synthesegas, das wiederum in Kraftstoffe oder Chemikalien umgewandelt werden kann (ebd., S. 1458).

Ein Vorteil der thermochemischen Verfahren ist, dass neben nicht recycelbaren Materialien wie Elastan, Polypropylen und Polyurethan auch minderwertige, verunreinigte oder speziell ausgerüstete Textilien (z. B. flammhemmende Baumwolltextilien) verarbeitet werden können (Tang 2023, S. 463). Dadurch entsteht eine Alternative zur Deponie oder Verbrennungsanlage. Die Verarbeitung der Abfälle zu Synthesegas benötigt zudem weniger Energie als der Einsatz fossiler Rohstoffe zur Gasproduktion. Thermochemische Verfahren sind jedoch derzeit ökonomisch noch nicht tragfähig. Grund dafür ist der hohe Energie- und Ressourcenbedarf durch die Hochtemperaturprozesse (vgl. Kim & Lee 2025, S. 1461). Außerdem werden spezieller Anlagen zur Emissionskontrolle benötigt, um den Austritt umweltschädlicher Gase zu verhindern (ebd.).

3.4.4 Möglichkeiten und Grenzen der Verfahren

Derzeit findet im industriellen Maßstab hauptsächlich mechanisches Textilrecycling statt, wobei die recycelten Fasern für ein T2T-Recycling mit Frischfasern gemischt werden müssen, um Garne in ausreichender Qualität zu erzeugen. Auch für die Dimensionen der Nachhaltigkeit erscheint das mechanische Verfahren aktuell als die sinnvollste Option, da der Ressourceneinsatz im Vergleich zu den energie- und chemieintensiven anderen Verfahren niedrig ist. Allerdings stößt es bei Mischfasern und qualitativ minderwertigen Inputströmen an Grenzen und es liefert noch keinen Output, der mit Frischfasern zu vergleichen ist.

Die vielversprechendste Option für Mischfasern ist die Depolymerisation zu Monomeren. Sowohl chemische als auch biochemische Verfahren weisen zudem das Potenzial auf, Endprodukte in einer Qualität bereitzustellen, die den Anforderungen eines hochwertigen Textilrecyclings entsprechen. Allerdings stoßen viele dieser vielversprechenden Lösungen noch auf strukturelle Skalierungsbarrieren, da die Technologien hohe und risikoreiche Investitionen erfordern (vgl. Systemiq 2025, S. 10). Bei mangelnder Investitionsbereitschaft können marktreife Lösungen so in der frühen Phase der Einführung steckenbleiben. Hier wäre eine stärkere regulatorische Unterstützung erforderlich, etwa

durch klare politische Zielvorgaben oder die zweckgebundene Verwendung von EPR-Gebühren, um Investitionen abzusichern und die Skalierung dieser Technologien zu beschleunigen (ebd.).

Gleichzeitig weisen Studien darauf hin, dass chemisches Recycling im großen Maßstab auch Risiken birgt (vgl. Abou-Chakra et al. 2024, S. 54, S. 82ff.). Chemische Verfahren erfordern oftmals den Einsatz toxischer Lösungsmittel, Katalysatoren und großer Mengen Wasser. Hinzu kommen der hohe Energieeinsatz, der insbesondere in Regionen mit fossilbasierten Energiesystemen wie z. B. in China die Umweltbilanz stark belasten kann (vgl. ebd.). Diese Faktoren machen deutlich, dass chemisches Recycling keineswegs automatisch als nachhaltige Lösung für die wachsenden Mengen als Alttextilien und Textilabfall gelten kann, sondern nur dann, wenn die Verfahren entsprechend weiterentwickelt werden und zudem strenge Regulierungen und sichere Arbeitsstandards etabliert werden. Noch ist zu wenig erforscht, welche ökologischen und sozialen Auswirkungen der gesamte Prozess des Alttextilrecyclings mit den Stufen Sammlung, Sortierung, Vorbehandlung, Transport, Recycling und Wiederverkauf der Sekundärrohstoffe wirklich hat und ob durch die eingesetzten Ressourcen nicht letztendlich ein Trade-off stattfindet.

Eine verstärkte Forschungs- und Investitionstätigkeit in biochemische Recyclingverfahren erscheint zudem richtig und sinnvoll, da diese auf biologischen Prozessen beruhen und damit im Einklang mit den grundlegenden Managementregeln für Nachhaltigkeit eine konsistentere Lösung darstellen.

Um die Möglichkeiten und Grenzen aller Verfahren besser einordnen zu können, ist außerdem eine Verbesserung der Datengrundlage notwendig. Der Textilrecyclingsektor befindet sich in einer frühen Entwicklungsphase und nur wenige Technologieinhaber sind in der Lage Lebenszyklusanalysen (LCA) bereitzustellen (vgl. Duhoux et al 2021, S.64). In vielen Fällen fehlen ausreichend validierte Daten, um die tatsächlichen Effekte der einzelnen Technologien belastbar bewerten zu können. Wichtige Kriterien wie die Qualität und Quantität des Endprodukts, der Verbrauch an Chemikalien, der Energie- und Wasserbedarf sowie die Prozesskosten sind zwar für einzelne Verfahren von einzelnen Unternehmen erforscht, doch es existiert bislang keine standardisierte und vergleichbare Datengrundlage, die eine umfassende und objektive Bewertung unterschiedlicher Verfahren im Detail ermöglichen würde. Vor allem der Einsatz der Chemikalien, der Energieaufwand und auch die logistischen Kosten sollten genauer analysiert werden, um den wirklichen ökologischen, sozialen und letztendlich auch ökonomischen Nutzen der einzelnen Technologien besser einordnen zu können.

4 Analyse aktueller textiler Recyclingstrukturen

4.1 Der Kantamanto Markt in Ghana

4.1.1 Struktur und Organisation des Kantamanto-Marktes

Ghana, Benin, Tansania, Kenia und Uganda gehören in Subsahara-Afrika zu den größten Altkleider-Importeuren (Mensah 2023, S. 36). Durchschnittlich importiert jedes dieser Länder zwischen zwei und vier Prozent der weltweiten Exporte an gebrauchter Kleidung (ebd.). Die jährliche Importmenge von Ghana bewegt sich für den Zeitraum 2015–2024 zwischen 111.329 t–134.091 t/Jahr (UN Comtrade 2025e). 63 % der Importe 2022 stammen aus dem Vereinigten Königreich und China, wobei in der Tendenz die chinesischen Importe zu- und die aus dem Vereinigten Königreich abnehmen (vgl. GIZ 2024, S. 9). Um die Herausforderungen der Alttextilströme in Subsahara-Afrika exemplarisch zu analysieren, bietet sich Ghana an, da der Kantamanto Market im zentralen Geschäftsviertel von Accra einer der größten Umschlagplätze für Secondhandbekleidung weltweit ist. Wöchentlich treffen am Hafen von Tema ca. 2.365 t Alttextilien ein, von denen ca. 1.500 t für den Kantamanto-Markt bestimmt sind. Ein Großteil davon wird letztendlich reexportiert oder wird in andere Regionen Ghanas weitergeleitet (s. Anhang A5; GIZ 2024, S. 12). Die restlichen 20 % (ca. 300 t/Woche) werden auf dem Markt gehandelt. Studien gehen davon aus, dass ca. 120 t davon beschädigt, von schlechter Qualität oder unverkäuflich sind und entsorgt werden (vgl. ebd.; Ahiable & Triki 2021, S. 7f.)

Der Kantamanto Markt wurde 1960 von europäischen Händlern und lokalen Importeuren ins Leben gerufen (Safo 2019). Das Gebiet erstreckt sich heute auf fast neun Hektar und ist in einen Einzelhandelsbereich (ca. 2,8 ha) und einen Importbereich (ca. 6 ha) unterteilt (Reinkenhoff & Ahlmann 2023, S.30). Der Einzelhandelsbereich umfasst ca. 5.000 Geschäfte mit rund 30.000 Beschäftigten, darunter Einzelhändler, Schneider, Upcycler, Textilfärber, Spediteure, Träger und Lebensmittelverkäufer (vgl. ebd.). Der Hauptteil des Marktes ist in sechs Abschnitte unterteilt. Jeder Abschnitt wird von einem gewählten Vorsitzenden der Kantamanto Used Clothing Sellers Association (KUCSA) vertreten (GIZ 2024, S. 15). Die Geschäfte, zwei bis sechs Quadratmeter groß, sind entlang schmaler Wege angeordnet. Für Großhändler gibt es eigene Bereiche (ebd.).

Neben der zentrale Lage Accras mit Nähe zum Hafen waren wirtschaftliche Liberalisierungsreformen in den Neunzigern maßgebliche Gründe, weshalb der Markt expandierte und sich zu einem bedeutenden Knotenpunkt für den regionalen und internationalen Textilhandel entwickelte. Nach der Unabhängigkeit 1957 setzte Ghana auf eine

importsubstituierende Industrialisierung, die durch staatliche Subventionen und Protektionismus den Aufbau eigener verarbeitender Industrien fördern sollte (vgl. Quartey 2006, S. 135). In den Neunzigern wurden diese Schutzmechanismen durch Strukturanpassungsprogramme abgebaut, wodurch die lokale Produktion zunehmend der Konkurrenz durch billige Importe unterlag (vgl. Waddington & Onumah 2023, S. 16). Etwa 80 % der Textilarbeitsplätze gingen im Zeitraum von 1975 bis 2000 so im Land verloren (Friedman 2017).

Obwohl der Markt ungeordnet erscheinen mag, ist er ein gut organisiertes und geschlossenes System mit klaren Regeln und Aufgabenverteilungen (GIZ 2024, S. 16). Die Ballen aus Alttextilien werden über ein komplexes Netz weiterverkauft, wobei an jedem Handelsplatz die Menge der gekauften Ballen sinkt und der Preis pro Ballen steigt (s. Anhang A6; ebd., S.11). Mit jeder Stufe des Zwischenhandels erhöht sich dabei das wirtschaftliche Risiko. Folglich haben die unteren Stufen an Zwischenhändlern und Verkäufern nur minimale Möglichkeiten und müssen mit einer geringen Gewinnspanne ständige Reinvestitionen tätigen (ebd., S. 17). Umso wichtiger erscheint in diesem Kontext die Qualität der Alttextilien, welche sich in den vergangenen Jahren allerdings deutlich verschlechtert hat. Ein immer größerer Anteil der importierten Secondhandkleidung besteht aus minderwertiger Bekleidung aus dem Fast Fashion Segment, die verschlissen oder beschädigt ist und damit für Händlerinnen und Händler kaum noch einen Wiederverkaufswert besitzt (vgl. Ahiabile & Triki 2021). Der Transport der Ballen erfolgt üblicherweise mit Hilfe sogenannter *Kayayeis* (vorwiegend weibliche Trägerinnen) (GIZ 2024, S. 11). An den traditionellen Markttagen (Mittwoch, Samstag) öffnen die Händler ihre Ballen, da sich dann mehr potenzielle Kunden (sowohl Endkunden als auch Zwischenhändler) auf dem Markt befinden. Im Zuge dessen werden die Alttextilien auch weiter sortiert und in Kategorien wie direkt verkäuflich, upcyclingfähig/reparierbar oder unverkäuflich eingeteilt (ebd.).

Am 02. Januar 2025 zerstörte ein Großbrand weite Teile des Marktes. Die Existenzgrundlage von schätzungsweise 30.000 Menschen wurde dadurch beeinträchtigt, ca. 8.000 verloren sie komplett (Bernet 2025, S. 11; Anker Research Institute 2025). Viele Händler verwenden ihre Einnahmen nicht nur für den eigenen Lebensunterhalt, sondern auch zur Unterstützung von Familien und ganzen Dorfgemeinschaften. Daher wurde durch den Großbrand auch die Lebensgrundlage zahlreicher ländlicher Haushalte eingeschränkt (Anker Research Institute 2025).

4.1.2 Abfallentsorgungswege

Die beträchtlichen Mengen an Textilabfällen, die der Markt generiert sind eine ökologische Belastung für die Region. Ein Teil dieser Abfälle wird auf bereits überfüllten Deponien abgelagert, während der Rest größtenteils unkontrolliert entsorgt oder auf illegalen Mülldeponien verbrannt wird. Die weitreichenden Kontaminationen von Grundwasser, Böden und Luft bergen auch Gesundheitsrisiken für die Anwohner der Region. Insbesondere Deponien mit einem hohen Anteil an Naturfasern können Deponiegas bilden, das in der Vergangenheit bereits zu Methanexplosionen geführt hat (vgl. Ahiabile & Triki 2021, S. 8). Zudem können die Alttextilien während der Monsunzeit die offene Kanalisation verstopfen, den Abfluss des Hochwassers behindern und die Ausbreitung von Krankheitserregern wie Mücken begünstigen (vgl. Besser 2021). Aktuelle Medienberichte zeigen, dass in den Feuchtgebieten um Accra, trotz ihres ökologischen Schutzstatus, weiterhin illegale Deponien für Alttextilien entstehen (Jordan & Anane 2025).

Die Ursachen der Abfallproblematik in Accra sind vielfältig, wobei das Aufkommen an nicht verwertbaren Alttextilien lediglich einen Teilaspekt darstellt. Die städtische Abfallwirtschaft ist nahezu vollständig (99 %) an private Dienstleister ausgelagert, wobei deren Leistungsfähigkeit begrenzt erscheint, da der informelle Sektor mit 51 % einen erheblichen Anteil der Sammlung übernimmt (vgl. Oteng-Ababio 2024, S. 1). Die Abfallentsorgung erfolgt größtenteils über Deponien, von denen es zu wenige gibt oder die illegal errichtet werden. Ein Beispiel ist die Deponie Kpone, die 2013 in Betrieb ging und ein ursprünglich von der Weltbank finanziertes Projekt war, um Accras wachsender Müllkrise entgegenzutreten (Besser 2021). Sie sollte eine Betriebsdauer von acht bis zehn Jahren haben, allerdings wurden die geplanten Kapazitäten bereits in den ersten Jahren deutlich überschritten. Letztendlich wurde sie nach bereits fünf Jahren, nach einem großflächigen Brandereignis auf dem Gelände, stillgelegt (Unearthed 2025).

Eine gesetzlich verankerte Abfallhierarchie, wie sie etwa in der EU Anwendung findet, existiert in Ghana bislang nicht. Zwar enthalten nationale Strategien Zielsetzungen in Richtung Abfallvermeidung, Recycling und Wiederverwendung, in der praktischen Umsetzung dominiert jedoch weiterhin die Deponierung als primäre Form der Abfallbehandlung (vgl. Oteng-Ababio 2024, S. 2). Dadurch fehlt es auch an einer breiten Verankerung von Umweltbewusstsein in der Bevölkerung. Angesichts der Stellung Accras als Metropole des Globalen Südens ist außerdem von einem starken Bevölkerungswachstum auszugehen, das die bestehenden Defizite in der Abfallwirtschaft künftig weiter verschärfen dürfte.

Der erzeugte Textilabfall des Kantamanto-Marktes wird in der Regel von informellen privaten Abfalltransporteuren (sogenannten „Bolas“) entfernt (GIZ 2024, S. 20). Der offizielle Abfalltransport wird durch das Unternehmen Zoomlion durchgeführt, dass allerdings selbst nicht auf dem Markt Alttextilien einsammelt (ebd., S. 19f.). Ca. 59–75 % des Textilabfalls werden pro Tag durch Zoomlion zur eigens geführten Deponie transportiert, während kleinere, aber dennoch signifikante Anteile (je 12–19 %) durch offene Ablagerung oder dem Verbrennen rund um den Markt beseitigt werden. Nur ein sehr geringer Anteil findet durch Wiederverwertung oder Nutzung zur Wassererhitzung eine alternative Verwendung (Anhang A7; The Or Foundation 2022, S. 56).

In einer Felduntersuchung wurden insg. ca. 40 t Alttextilabfall des Kantamanto Marktes über zehn Tage gesammelt und sortiert, um Ergebnisse über die Zusammensetzung zu erhalten. Demnach bestanden 47,3 % aus Schnittresten, 37,3 % aus noch tragbaren, aber für den Markt unverkäuflichen Textilien und 15,4 % waren verschmutzt und nicht tragbar (GIZ 2024, S. 27f.). Bei der Zusammensetzung waren Polyester (34 %, davon 9 % rein) und Baumwolle (31 %, davon 13 % rein) dominierend. Im Ergebnis wird festgestellt, dass von den ca. 120 t Textilabfall, die wöchentlich anfallen, ein bedeutender Teil (93,5 t) nicht entsorgt wird, sondern in einen Kreislauf auf dem Markt gelangt und durch Upcycling oder Reparatur dem Abfall entkommt (GIZ 2024, S. 30f.). Dies wird durch den unerwartet hohen Anteil an Schnittresten belegt. Viele Kleidungsstücke werden repariert, eingefärbt, umgenäht oder im Up- und Downcycling verarbeitet und entkommen so der Entsorgung. Es zeigt, dass der Markt über eine starke informelle Infrastruktur für Reparatur und Upcycling verfügt.

4.1.3 *Textilkultur in Ghana vs. Abfallkolonialismus*

Die ghanaische Kultur wurde historisch durch kreislaforientierte Praktiken wie dem Reparieren, Wiederverwenden und Weitergeben geprägt (vgl. Ahiabla & Triki, 2021, S. 9). Traditionelle Stoffe wie *Kente* und *Adinkra*, deren Farben, Muster und Faserarten über Generationen hinweg weitergegeben wurden, verkörpern bis heute kulturelle Identität und handwerkliches Textilwissen (vgl. Ayesu et al. 2023, S. 16). Durch den Kantamanto Markt verbinden sich diese Praktiken und kulturellen Bedeutungen, da er als zentraler Ort für textile Wiederverwendung und kreatives Upcycling gilt. Reparatur-, Änderungs- und Upcyclingleistungen sind zentrale ökonomische Funktionen des Marktes. Diese Bedeutung wird durch das jährlich stattfindende *Obroni Wawu*⁶October- Festival unter-

⁶ *Obroni Wawu* bedeutet „Kleidung des toten weißen Mannes“. Er wird in Ghana verwendet, um nach Ghana importierte Secondhandkleidung zu beschreiben (vgl. Baisie 2024).

mauert, das zirkuläre Praktiken, den kreativen Umgang mit Textilien und Secondhandmode zelebriert (vgl. Baisie 2024; Bernet 2025, S. 7). Für jüngere Generationen bietet der Zugang zu importierter Secondhandkleidung die Chance, international renommierte Marken zu erschwinglichen Preisen zu erwerben und gleichzeitig einen persönlichen Stil zu entdecken und zu zeigen (vgl. JEPA Africa, 2025). Der Kantamanto-Markt ist damit sowohl ein kulturelles Forum als auch ein wesentliches Zentrum zirkulärer Wertschöpfung, in dem die Herausforderungen und Potenziale von Alttextilrecycling sichtbar werden. Secondhandkleidung ist in Afrika seit Jahrzehnten eine tragende Säule der informellen Wirtschaft. Durch den Handel entstehen zahlreiche Mikrounternehmen, die zur sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit beitragen.

Gleichzeitig wird im Rahmen des Diskurses um den Begriff Abfallkolonialismus kontrovers diskutiert, ob Ghana den Import von Secondhandkleidung einschränken oder gar verbieten sollte. Hintergrund sind nicht nur die rapide wachsenden Mengen an Altkleidern, sondern auch deren sinkende Qualität infolge der globalen Fast Fashion Dynamiken. Sie ermöglichen es nicht, dieses System in sozial oder ökologisch nachhaltige Bahnen zu lenken. Abgesehen davon wird die Abhängigkeit von Importen als neokolonialistisch kritisiert: Während der Globale Norden vor allem die Entsorgung seiner Textilabfälle externalisiert, ist der Globale Süden in unverhältnismäßigem Maße mit den ökologischen und sozialen Folgekosten konfrontiert. Dadurch verfestigt sich das bestehende Machtgefälle. Die Entwicklung eigenständiger Produktionskapazitäten und damit verbunden eine wirtschaftliche Autonomie wird dadurch systematisch behindert und eingeschränkt (vgl. Manieson & Ferrero-Regis, 2023; vgl. JEPA Africa, 2025).

4.1.4 Textilrecycling in Ghana und auf dem Kantamanto Market

Obwohl West- und Zentralafrika erhebliche Mengen an textilen Abfällen zu verzeichnen haben, existieren dort bislang keine formalen Recyclinganlagen (Sumo 2024, S. 65). Ebenso konnten in Ghana bislang weder mechanische noch chemische Recyclingkapazitäten im industriellen Maßstab etabliert werden (vgl. GIZ, 2024, S. 43; Osei & Ademtsu 2024, S. 88). Mehrere Initiativen zur Einrichtung mechanischer Recyclinganlagen scheiterten, weil zentrale Herausforderungen wie das Fehlen geeigneter Sortier- und Sammelsysteme, die unzureichende Infrastruktur sowie strukturelle Hemmnisse nicht gelöst werden konnten (vgl. Osei & Ademtsu 2024, S. 88).

Trotz umfangreicher Recherchen ließen sich in der Literatur genannte Textilrecyclingprojekte in Ghana nicht verifizieren. So verweisen Osei & Ademtsu (2024, S. 90) auf das von UNIDO initiierte *Trash-to-Textile-Projekt* (2019), in dessen Rahmen eine

mechanische Recyclinganlage entstanden sein soll. Eigene Nachprüfungen (u. a. bei UNIDO) liefern jedoch keine Belege dafür, dass diese Anlage tatsächlich errichtet oder in Betrieb genommen wurde. Auch die in einem Bericht der Or Foundation (2022, S. 59) erwähnte Planung einer Shoddy-Fabrik zur Verwertung von Alttextilien mit Downcycling Ansätzen zu Dämmstoffen und Füllmaterialien scheint bisher nicht über das beschriebene Planungsstadium hinausgegangen zu sein. Gleiches gilt für das Projekt *Texcycler* (Osei & Ademtsu 2024, S. 90), einer Kooperation zwischen einer ghanaischen Forschungseinrichtung und der Cambridge University, welche die Einführung chemischer Recyclingtechnologien in Ghana anstrebte. Auch dieses Projekt konnte nicht genauer analysiert werden, da keine Informationen recherchierbar waren.

Allerdings fanden sich Informationen zu zwei Downcycling-Projekten in Medienberichten: Die NRO The Revival hat mit Unterstützung der H&M Foundation ein Projekt gestartet, in dem täglich 20–30 t Textilabfälle des Kantamanto-Marktes zu nachhaltigen Baumaterialien (Ziegeln) verarbeitet werden sollen (Campbell 2025). Die Ziegel bestehen größtenteils aus mechanisch zerkleinerten Textilfasern, wobei kleine Mengen zerkleinerter Kunststoffabfälle und Bindemittel hinzugefügt werden (The Revival o. J.).

Das zweite Projekt befasst sich mit dem thermomechanischen Recycling von PET-Flaschen. Zwar bedeutet dies keine direkte Entlastung für die Alttextilströme des Kantamanto Marktes, allerdings könnten diese evtl. in anschließenden Weiterentwicklungen integriert werden. Die Flaschen werden zu Garn verarbeitet, das sich für Schuluniformen und Modeartikel eignet. Zudem sollen informelle Abfallsammler die Rohstoffverfügbarkeit sichern (Kohan Textile Journal 2025). Das Projekt ist eine Zusammenarbeit zwischen dem Ministerium für Umwelt, Wissenschaft und Technologie, UNIDO, der Global Environmental Facility und Universal Plastic Products and Recycling Ltd. als Umsetzer (ebd.).

4.1.5 Potentiale und Hindernisse des Textilrecyclings am Kantamanto Markt

Ghana befindet sich in einer sehr frühen Entwicklungsphase einer Textilrecyclingindustrie, die jedoch mit erheblichen strukturellen, technologischen und institutionellen Herausforderungen konfrontiert ist. Durch die Konzentration großer Mengen an Textilabfällen auf dem Kantamanto-Markt wären theoretisch mind. 120 t wöchentlich an Inputmaterial für das Textilrecycling vorhanden, allerdings erschweren und verringern Unsicherheiten langfristige Planungen und die Investitionsbereitschaft. Ein zentrales Risiko für Importeure liegt in den Wechselkursschwankungen sowie in den stark steigenden Zöllen, die sich in der jüngeren Vergangenheit nahezu verdoppelt haben (GIZ 2024, S. 16). Auch bleibt die Sortierung eine zentrale Herausforderung, da diese dauerhaft kaum manuell

erfolgen kann. Die großen Mengen an Alttextilien benötigen den Einsatz (halb-) automatisierter Verfahren, etwa mittels NIR-Spektroskopie. Ferner wären auch Investitionen in Infrastruktur und technisches Wissen erforderlich. Beides erscheint aktuell allerdings nicht finanzierbar. Für den Kantamanto-Markt sind daher vor allem Lösungsansätze sinnvoll, die auf bestehenden Ressourcen aufbauen und nur geringe zusätzliche Investitionen erfordern. Eine Studie der GIZ (2024, S.43) identifiziert potenzielle neue Geschäftsfelder. Es wird u. a. die Umwandlung von Baumwolle in Biokohle oder die Nutzung synthetischer Textilien als Ersatzbrennstoffe (RDF) über Pyrolyse vorgeschlagen. Die Mehrheit der Vorschläge sieht kein F2F-Textilrecycling vor, sondern beruht auf thermischem Recycling oder einer energetischen Verwertung. Insbesondere die Pyrolyse erscheint hier als ernstzunehmende Alternative zur bislang überwiegend unregulierten Verbrennung der Textilabfälle, da sie eine massenorientierte Behandlung gemischter Synthetikabfälle ermöglicht und dadurch Emissionen und Schadstoffeinträge verringert werden könnten (vgl. GIZ 2024). Zudem sollten die marktökonomischen Chancen durch das Downcycling von PCW zu Dämmstoffen und Matratzenfüllungen oder Baustoffen wahrgenommen werden, weil es mit einfachen Mitteln umzusetzen ist und die benötigten Rohstoffe in großen Mengen vorhanden sind.

Textilrecycling könnte in Ghana dazu beitragen, das Land wirtschaftlich wiederzubeleben und ökologische und sozioökonomische Transformationen anzustoßen. Allerdings müssen dafür viele institutionelle, finanzielle und infrastrukturelle Hürden überwunden werden. Zentrale Gründe, die für den Aufbau einer Recyclingindustrie in Ghana sprechen, sind die großen Mengen an Altkleidung und Textilabfällen, die behandelt werden müssen, weil sie sonst in die Umwelt gelangen. Auch die steigende globale Nachfrage nach recycelten Fasern könnte sich hier vorteilhaft auswirken. Ghana sollte zudem versuchen, eigene Recyclingprodukte am Markt zu etablieren, z. B. Mischungen aus afrikanischer und recycelter Baumwolle. Auf diese Weise kann eine gesteigerte Wertschöpfung generiert werden, weil inländische Verarbeitungsschritte gefördert werden.

4.2 Vietnam

4.2.1 Die Bedeutung der vietnamesischen TBI für das Textilrecycling

Vietnam hat sich in den vergangenen Jahrzehnten zu einem bedeutenden Produktions- und Exportstandort entwickelt, dessen zentrale Exportgüter neben Elektronik und Möbeln v.a. Bekleidung und Schuhe sind (vgl. Pham, Ly & Nguyen 2024, S. 118). Im Jahr 2022 exportierte Vietnam Textil- und Bekleidungsprodukte im Wert von 37,5 Mrd. US-Dollar und lag damit hinsichtlich des Exportvolumens hinter China und Bangladesch an

dritter Stelle (ebd.). Etwa 10–15 % der gesamten Exporterlöse stammen aus der TBI, die nicht nur ein zentraler Wachstumstreiber, sondern auch einer der wichtigsten Arbeitgeber des Landes ist (ebd.; ILO & IFC 2023, S. 19).

Die Ursprünge der vietnamesischen Textilindustrie reichen bis in die Kolonialzeit zurück, als die französische Verwaltung moderne Spinnereien errichtete, um die lokale Produktion zu fördern (Goto 2023, S. 339). 1912 wurden diese Betriebe zur *Société Cotonnière du Tonkin* zusammengeführt, die sich rasch zur größten und technologisch fortschrittlichsten Spinnerei Indochinas entwickelte. Damit setzte eine frühe industrielle Konsolidierung ein, die zugleich dazu führte, dass traditionelle lokale Weber durch protektionistische Zollpolitik verdrängt wurden (vgl. ebd.). Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden im Norden Vietnams Textilmaschinen aus der Sowjetunion und anderen Ostblockstaaten eingeführt und nach der Wiedervereinigung 1975 erfolgte die Verstaatlichung großer Unternehmen. Zu dieser Zeit waren der Textil- und Bekleidungssektor eng miteinander verflochten und vertikal integriert (Goto 2023, S. 339f.). Ein 1986 geschlossenes Abkommen zwischen Vietnam und der Sowjetunion (SU) führte allerdings dazu, dass die vietnamesische Textilproduktion stark einbrach, da die Stoffe und Garne nun aus der SU importiert wurden und viele vietnamesische Textilbetriebe, die eigentlich Stoffe produzierten dazu übergehen mussten Bekleidung zu produzieren. In den 1980er Jahren blieb das Wachstumspotenzial der Branche daher auf den Binnenmarkt und den RGW⁷-Handel beschränkt (ebd.). Anfang der 1990er Jahre begannen japanische Handelsgesellschaften als Reaktion auf ansteigende Lohnniveaus Aufträge in Vietnam zu platzieren und förderte dadurch die Anbindung Vietnams an die globale Wertschöpfungskette (ebd., S. 348). Da die Produkte den strengen Qualitätsanforderungen des japanischen Marktes entsprechen mussten, kam es so auch zu einem Technologietransfer, der sowohl zu Prozess- als auch zu Produktverbesserungen in der vietnamesischen Bekleidungsindustrie führte (ebd.). Mit dem Inkrafttreten des bilateralen Handelsabkommens USBTA mit den Vereinigten Staaten im Jahr 2001 setzte dann ein deutlicher Exportboom ein, infolge dessen die USA zum wichtigsten Absatzmarkt bis heute wurden (ebd.). Weitere wichtige Exportländer für Vietnam sind Japan, China, Korea und Deutschland (Hoan & Hung 2024, S. 45).

Die geografische Struktur der Industrie in Vietnam ist gespalten: Rund 70 % der gesamten Produktion sind im Süden angesiedelt. Hier konzentrieren sich auch die meisten

⁷ Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe, Wirtschaftsverbund der sozialistischen Länder bis 1991, unter sowjetischer Führung, engl. COMECON

Abfallströme und Recyclingaktivitäten, wobei auch ein erheblicher Fluss von Textilabfällen vom Norden in den Süden zu beobachten ist (GIZ 2025, S. 12). Die Infrastruktur der Abfallwirtschaft konzentriert sich dabei auf die städtischen Zentren in Hanoi und Ho-Chi-Minh-Stadt (Abou-Chakra et al. 2024, S. 17). Ebenso ist Vietnams TBI in zweierlei Hinsicht gespalten: Zum einen ist die Textil- von der Bekleidungsindustrie klar zu differenzieren. Die Bekleidungsindustrie hat in den vergangenen Jahrzehnten ein dynamisches Wachstum verzeichnet und trägt heute maßgeblich zu den Exportüberschüssen des Landes bei, während sich die Textilindustrie weiterhin in einem Entwicklungsstadium befindet. 60–70 % der benötigten textilen Rohstoffe für die exportorientierte Produktion werden vor allem aus China importiert (Tran & Tran 2018, S. 50; Goto 2023, S. 345). Die andere Unterscheidung betrifft die Marktsegmente: Während große, formal organisierte Unternehmen die exportorientierte Bekleidungsindustrie dominieren, konzentrieren sich kleinere, oftmals informell organisierte Betriebe überwiegend auf die Versorgung des Binnenmarktes (Goto 2023, S. 345).

Ein erheblicher Anteil der Exporte basiert auf CMT-Aufträgen (Tran & Tran 2018, S. 49). Dieses Produktionsmodell zeichnet sich dadurch aus, dass vietnamesische Unternehmen lediglich die arbeitsintensiven Fertigungsschritte übernehmen und nur eine begrenzte Wertschöpfungstiefe generieren können. Die Auftraggeber hingegen stellen alle Rohstoffe und Zutaten zu Verfügung und können so bei vergleichsweise niedrigen Produktionskosten die Kontrolle über Design, Qualitätsstandards und Passform behalten. CMT-Aufträge machen etwa 76 % des gesamten Exportwerts bei Bekleidung aus (ebd.). Eine Alternative bieten OEM/FOB-Aufträge, bei denen die produzierenden Unternehmen in die Rohstoffbeschaffung eingebunden sind. Diese Methode trägt zu 21 % des Exportwerts bei. Dennoch gibt es auch hier Einschränkungen in Bezug auf die Wertschöpfung, da viele Auftraggeber spezifische Anforderungen an den Kauf der Rohstoffe stellen. Die übrigen 3 % werden mit anderen Produktionsweisen produziert (ebd.). Als zentrale Ursache für die Dominanz der CMT-Methode identifizieren Tran & Tran (2018, S. 50) begrenzte Management- und Kapitalkapazitäten, wodurch die Fähigkeit zur eigenständigen Beschaffung von Rohstoffen verloren geht. Vietnamesische Bekleidungsunternehmen sind außerdem in hohem Maße von Outsourcing-Verträgen mit regionalen Zwischenhändlern, insbesondere aus Hongkong, Taiwan und Korea abhängig. Direkte Lieferbeziehungen sind bisher eher die Ausnahme (ebd., S. 51f.).

2014 wurde mit der *Regierungsentscheidung Nr. 3218/QD-BCT* ein Entwicklungsplan für die vietnamesischen TBI mit Vision bis 2030 vorgestellt (ebd.). Darin wird beschrieben, welche Schritte eingeleitet werden sollten, damit Vietnam zu einem technologisch

fortschrittlichem und nachhaltigem Produktionsstandort wird. Bspw. soll bis 2030 ein Lokalisierungsgrad von 70 % erreicht werden, d.h. ein Großteil der bisher importierten Materialien soll bis dahin selbst produziert werden. Des Weiteren sollen nachhaltige Produktionsprozesse gefördert und zentralisierte Abwasserbehandlungssysteme aufgebaut werden (ebd.). Seit 2022 hat Vietnam auch einen offiziellen Strategieplan für Kreislaufwirtschaft (*Regierungsentscheidung Nr. 687/QD-TTg*), in welchem allerdings nicht explizit auf Textilien eingegangen wird (Abou-Chakra et al. 2024, S. 20). Zur Förderung des nachhaltigen Wachstums des Textil- und Bekleidungssektors verabschiedete die vietnamesische Regierung Ende 2023 die *Regierungsentscheidung Nr. 1643/QD-TTg*, welche die Strategie zur Entwicklung der Textil-, Bekleidungs- und Schuhindustrie bis 2030 mit einer Vision bis 2035 beinhaltet (ILO & IFC 2023, S. 7). Die Strategie sieht vor, Kreislaufwirtschaft zu fördern, die inländische Wertschöpfung auszubauen und wichtiger Teil von nachhaltigen globalen Wertschöpfungsketten zu werden. Eine sauberere Produktion und grüne Produktivität haben dabei höchste Priorität (ebd.).

Dies steht in Einklang mit den Anforderungen internationaler Bekleidungsunternehmen, die sich aufgrund neuer Regularien wie der Ökodesignverordnung zunehmend mit einer nachhaltigeren und zirkulären Produktion auseinandersetzen müssen und bspw. ökologische und soziale Zertifizierungen bei den Zulieferern einfordern. Dadurch wächst auch der Druck auf vietnamesische Produzenten, die Qualität und Transparenz ihrer Recyclingströme kontinuierlich zu verbessern (GIZ 2025, S. 21).

4.2.2 *Textile Abfallströme in Vietnam*

Anders als in Ghana entstehen die zentralen textilen Abfallströme in Vietnam vor allem aus der exportorientierten Bekleidungsproduktion. Die Einfuhr von Alttextilien ist in Vietnam verboten und lediglich 2–7 % des kommunalen Siedlungsabfalls bestehen aus Textilabfällen (UNODC 2025; Abou-Chakra et al. 2024, S. 18).

Die postindustriellen Textilabfälle liegen laut Schätzungen in Vietnam zwischen 184.000 und 276.000 t/Jahr (GIZ 2025, S. 6). Die Zusammensetzung dieser Abfälle ist sehr heterogen und spiegelt den Materialeinsatz aus der Bekleidungsproduktion wider: Rund 35 % bestehen vorwiegend aus Polyester, etwa 20 % vorwiegend aus Baumwolle und 45 % sind Mischgewebe (ebd.). Der hohe Polyesteranteil lässt sich damit erklären, dass v.a. Sport- und Freizeitbekleidung in Vietnam produziert wird. Das amerikanische Unternehmen Patagonia betreibt dort einige Produktionsfabriken und ließ 2022 eine umfassende Studie zu den dort entstehenden Textilabfällen erstellen. Demnach wurden in den entsprechenden Fabriken ca. 3.500 t Stoffe verarbeitet, wobei 18 % textiler Abfall durch

den Zuschnitt anfiel (Abou-Chakra et al. 2024, S. 34). Auch hier war die Faser mit dem höchsten Anteil Polyester (71 %), gefolgt von Nylon (18 %) und Baumwolle (10 %).

Die Verteilung der postindustriellen textilen Abfälle erfolgt über ein stark fragmentiertes Netz von Abfallverwertern, die überwiegend im Süden des Landes angesiedelt sind. Er kann über zwei Wege erfolgen: Einige Bekleidungsproduzenten führen direkt am Entstehungsort eine Grobsortierung nach Materialart durch. Die sortierten Schnittreste werden dann zu Ballen gepresst und direkt an Recycler verkauft (Abou-Chakra et al. 2024, S. 51). Die anderen Fabriken verkaufen die Abfälle unsortiert an Zwischenhändler weiter. Diese sortieren dann die Textilabfälle und verkaufen sie wiederum an weitere Zwischenhändler, Recycler oder Entsorgungsanlagen (s. Anhang A8). Ähnlich wie in Ghana entsteht hier ein verwobenes Netzwerk mit vielen Stationen, durch welche die Textilreste gehen, ehe sie letztendlich in einem textilen Recyclingkreislauf landen oder entsorgt werden. Da die Rückverfolgbarkeit so nicht gewährleistet werden kann, gehen größere Textilunternehmen zunehmend dazu über direkt mit Recyclern zusammenarbeiten. Gleichzeitig werden dadurch aber niedrigschwellige Erwerbsmöglichkeiten für die teilweise informell beschäftigten Zwischenhändler verdrängt.

Vietnam hat über die letzten Jahre verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung des Textilabfallmanagements eingeführt und passt sich insbesondere an die Kreislaufwirtschaftsstrategie der EU an (vgl. UNODC 2025). Die *Regierungsentscheidung Nr. 02/2022/TT-BTNMT58* enthält z. B. spezifische Recyclingrichtlinien und klassifiziert Textilien und Bekleidungsabfälle (ebd.). Ferner wird über die *Regierungsentscheidung Nr. 08/2023/TT-BCT* vom 31. März 2023 ein klares Importverbot für Altkleider (HS 6309) ausgesprochen, um Abfallkolonialismus zu verhindern und die heimische Industrie zu schützen (vgl. LLoC 2024, S. 19).

Schätzungen gehen davon aus, dass ca. 60 % der postindustriellen Textilabfälle in Vietnam recycelt werden, während die restlichen 40 % über Waste-to-Energy-Anlagen, Co-Processing in der Zementindustrie oder über einfache Verbrennung entsorgt werden (GIZ Studie 2025, S.8). Co-Processing gilt in Vietnam als wichtige Zwischenlösung, um den Deponieanteil zu reduzieren und gleichzeitig Ersatzbrennstoffe für energieintensive Industrien bereitzustellen (ebd., S. 19).

4.2.3 *Textilrecycling in Vietnam*

Durch die Produktionsdichte von Bekleidung werden in Vietnam große textile Abfallströme erzeugt, welche durch ihre Homogenität und den dauerhaften Produktionsprozess verlässliche Strukturen für das Textilrecycling schaffen. Chemisches Textilrecycling

findet in Vietnam bisher nicht statt (vgl. Abou-Chakra et al. 2024, S. 54). Allerdings konnten 17 größere Recyclingunternehmen in Vietnam identifiziert werden, die (thermo)-mechanisches Recycling verfolgen und formell registriert und international zertifiziert sind (z. B. mit GRS oder OEKO-TEX) (GIZ 2025, S. 14f.). Die wichtigsten Produkte der Recyclingunternehmen sind Polyester-Stapelfasern, Baumwolle und Polycotton (vgl. Abou-Chakra et al. 2024 S. 53).

Bisher werden die postindustriellen Abfälle hauptsächlich in Downcycling-Prozessen verarbeitet, die keine Rückführung in Textilprodukte zulassen. Postindustrielle PET-Textilabfälle werden dabei vorwiegend in unregelmäßige, flockige Granulatstücke zerkleinert und mit Granulat aus PET-Flaschen oder PET-Abfällen aus anderen Industrien (z. B. von Elektronikherstellern) vermischt, um daraus Rezyklate herzustellen (GIZ 2025, S. 16). Der Anteil von recyceltem PET aus Textilabfällen im Ausgangsmaterial variiert dabei stark zwischen 1 und 50 % (ebd.). Die recycelten PET-Stapelfasern werden hauptsächlich für Bettzeug, Matratzen und Polstermaterialien in Möbeln verwendet. Im Jahr 2023 wurden in Vietnam insgesamt 225.000 t recycelte PET-Stapelfasern exportiert, wobei eine ähnliche Menge für den Inlandsverbrauch produziert wurde (ebd.). Die gewonnenen Baumwollgarne aus dem mechanischen Verfahren, ebenfalls mit Frischfasern gemischt, werden v. a. für Handschuhe, Teppiche, Decken oder Nonwoven-Produkte eingesetzt (GIZ 2025, S. 18).

Vietnams strategische Positionierung innerhalb der Textillieferkette, seine Infrastruktur mit günstigen wirtschaftlichen Faktoren sowie die beträchtliche Menge an postindustriellen Textilabfällen veranlassen zunehmend auch große internationale Recycling-Konzerne in die Textilrecyclinginfrastruktur des Landes zu investieren. Bspw. plant Recover für 2025 die Eröffnung einer Produktionsstätte für mechanisches Baumwollrecycling. Die Fabrik wird zunächst mit einer jährlichen Produktionskapazität von 10.000 t laufen (Recover Textiles o. J.). Als Hauptprodukt wird RMix hergestellt, eine Mischfaser, die zu 90 % aus recycelter Baumwolle mit 10 % Mischfasern besteht (Recover Textiles o. J.). Durch Beimischung von Frischfasern lässt sich RMix zu neuen Textilien verarbeiten.

Das schwedische Textilunternehmen Syre investiert ebenfalls in Vietnam und plant eine große Polyester-Recyclinganlage in der Provinz Binh Dinh (Tania 2025). Syre ist als Joint Venture mit der H&M Group strukturiert und verfolgt eine Investitionsstrategie, in der mehrere „Gigascale“ T2T-Recycling-Anlagen auf der ganzen Welt errichtet werden sollen, um einen verlässlichen Rohstoffkreislauf für recycelte Polyesterfasern zu erzeugen. Die Anlage ist für eine Jahresproduktion von 100.000–250.000 t PET-Chips

ausgelegt, die durch thermomechanisches Recycling erzeugt werden (ebd.). Der Bedarf der Fabrik an postindustriellen Textilabfällen wird nach Schätzungen bei 300.000–400.000 t/Jahr liegen, was bedeutet, dass ein Teil importiert werden muss (vgl. Vietnam.vn 2025). Bei den importierten Rohstoffen würde es sich allerdings um Alttextilien handeln, deren Einfuhr gemäß *Rundschreiben Nr. 08/2023/TT-BCT* aktuell verboten ist. Vietnams Regierung hat jedoch gegenüber den Investoren Bereitschaft erklärt das Verbot anzupassen, wenn Syre bestimmte Investitionsanforderungen erbringt und Entschlossenheit zeigt zu investieren (ebd.).

4.2.4 Potentiale und Hindernisse des Textilrecyclings in Vietnam

Mit bis zu 276.000 t/Jahr verfügt Vietnam über einen verlässlichen Inputstrom für das Textilrecycling, der im Gegensatz zu heterogenen Post-Consumer-Abfallströmen vergleichsweise sauber und gut sortierbar ist. Ebenso eignet sich die Zusammensetzung des PIW für bereits etablierte Recyclingtechnologien, wie dem mechanischen Recycling von Baumwollabfällen oder dem thermomechanischen Recycling von Polyester. Darüber hinaus ist Vietnam als wichtiger Produktionsstandort in den globalen Lieferketten verankert. Sowohl die politische Führung des Landes als auch die europäischen und US-amerikanischen Auftraggeber fördern die Entstehung kreislaforientierter Lösungen. Dieser institutionelle und marktwirtschaftliche Rahmen trägt dazu bei, das wirtschaftliche Potential des Textilrecyclings besser zu nutzen. Die Investitionen internationaler Unternehmen bringen Know-how und Technologie nach Vietnam und unterstützen die Bemühungen des Landes, sich im Bereich Textilrecycling zu positionieren. Gleichzeitig sind die politischen Institutionen bereit regulatorische Restriktion wie das Importverbot auf Altkleider unter bestimmten Voraussetzungen abzubauen. Auch Abfälle aus Nachbarländern mit starker Textilindustrie wie z. B. Kambodscha könnten zukünftig integriert werden. Ein informeller Austausch von Textilabfällen zwischen den beiden Ländern findet bereits statt (vgl. GIZ 2025 S. 7). Über ein besseres Abfallmanagement und eine stärkere Recyclinginfrastruktur könnten zudem Möglichkeiten entstehen auch die restlichen 40 % an postindustriellen Abfällen zu recyceln, die aktuell noch in der energetischen Verwertung und Verbrennung landen (vgl. ebd., S. 8).

Auf der andere Seite hemmen regulatorische und technologische Defizite bislang die Umsetzung von Closed-Loop-Recyclingmodellen und die Investition in chemisches Recycling. Obwohl mechanische und thermomechanische Recyclingverfahren in Vietnam genutzt werden, dominieren bisher Downcycling-Prozesse, die Textilabfälle in minderwertige Produkte überführen, auch wenn erste T2T-Projekte, etwa von Recover oder Syre sich in der Anlaufphase befinden. Ein weiteres Hemmnis ist das unübersichtliche

Netzwerk an Abfallverwertern und Recyclern. Dies wirkt sich negativ auf die Effizienz der Sortierung und Transparenzanforderungen internationaler Marken aus. Nicht zuletzt entstehen dadurch auch soziale und ökologische Risiken: Ein Teil der informell beschäftigten Abfallverwerter arbeitet unter unsicheren Arbeitsbedingungen, ohne standardisierte Arbeitssicherheitsmaßnahmen oder ausreichenden Umweltschutz. Aktuell begrenzt zudem das Importverbot für Altkleider das Rohstoffangebot und mindert so die Chance, Vietnam als internationalen Recycling-Hub zu positionieren. Dies schwächt auch die Wettbewerbsfähigkeit vietnamesischer Recycler gegenüber Standorten wie Indien oder Bangladesch, die Importregelungen flexibler handhaben (vgl. GIZ 2025, S. 22).

4.3 Pakistan

4.3.1 *Die Bedeutung der pakistanischen TBI für das Textilrecycling*

Der ursprüngliche Textilsektor Pakistans konzentrierte sich auf den Anbau und Handel mit Jute, wobei im Zuge von Industrialisierungsprojekten in den 1960er/1970er-Jahren das Geschäftsfeld um Baumwolle erweitert wurde (Khan 2025, S. 6). Auch heute noch ist Pakistan mit einer Jahresproduktion von ca. 1,4 Mio. t eine wichtige Anbauregion für Baumwolle (vgl. TE 2025, S. 24). Um eine bessere Wertschöpfung zu generieren wurden aus der Rohfaser zunehmend auch Garne und Gewebe hergestellt, wobei sich Faisalaabad zu einem Zentrum für die Garnproduktion entwickelte und Punjab und Karachi bedeutende Standorte für Webereien wurden (vgl. Khan 2025, S. 6).

Die Entwicklung der pakistanischen TBI war stark durch politische und strukturelle Umbrüche geprägt. Durch die Abspaltung Bangladeschs 1971 wurde dem Sektor der Zugang zu heimischer Jute entzogen und damit die industrielle Basis geschwächt (Khan 2025, S. 8). Die darauffolgende Verstaatlichungspolitik hemmte private Investitionen, so dass die Produktion weiterhin überwiegend auf Garne und Rohgewebe mit geringer Wertschöpfung beschränkt blieb, während sich der globale Textilhandel in den 1980er- und 1990er-Jahren zunehmend in Richtung hochwertiger und technologisch anspruchsvoller Produkte verlagerte. Erst mit der Abkehr vom Protektionismus ab Mitte der 1990er-Jahre kam es zu einer stärkeren Diversifizierung. Zudem förderten neue Betriebe in den Bereichen Veredelung, Färben, Nähen und Stricken eine Ausrichtung auf exportorientierte Produktionsmodelle (vgl. ebd.). Heute erwirtschaftet die TBI etwa 55 % der gesamten Exporterlöse, wobei Europa und Nordamerika die relevantesten Exportmärkte sind (Khan 2025, S. 6; Batool et al. 2025, S. 6). Neben dem Exportgeschäft ist auch die heimische Modebranche zu einem wichtigen Teil des Sektors geworden (Khan 2025, S. 6).

Im vergangenen Jahrzehnt verzeichnete die TBI in Pakistan auch Phasen negativen Wachstums. Ursächlich hierfür waren u. a. die im regionalen Vergleich höchsten Energiepreise, eine anhaltende Devisenkrise, die restriktive Geld- und Fiskalpolitik sowie die zunehmende Konkurrenz durch andere globale Exporteure (vgl. ebd., S. 8). Pakistan gehört zwar zu den wenigen Ländern mit einer voll entwickelten textilen Wertschöpfungskette, kann deren wirtschaftliches Potenzial bisher allerdings nicht voll ausschöpfen. Ausschlaggebend hierfür ist vor allem die stark informelle Organisation und die damit verbundenen unzureichenden Investitionen in moderne Technologien, die eine nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit einschränken (vgl. ebd., S. 9).

Die TBI in Pakistan ist eng mit politischen Strukturen verflochten. Insbesondere die seit 1955 gewährten Subventionen sowie die engen Verbindungen zwischen politischen Entscheidungsträgern und der Industrie nehmen Einfluss auf die Entwicklung der TBI (Khan 2025). Zahlreiche Machthaber sind entweder direkt in der Textilwirtschaft engagiert oder profitieren von derer finanzieller Unterstützung (ebd.). Diese Verflechtungen ermöglichen es dem Sektor, politische Veränderungen abzuwehren, die seine Profitabilität beeinträchtigen könnten. So werden umweltbezogene Regelungen häufig nicht implementiert und Verstöße nur selten geahndet (vgl. ebd., S. 22). In Pakistan existieren bislang keine gesetzlich festgelegten Recyclingziele und den bestehenden Vorschriften fehlen Durchsetzungsmechanismen (Batool et al. 2025, S. 31). Zwar sieht die neue *Textiles and Apparel Policy Roadmap 2025–2030* des wichtigsten Branchenverbandes APTMA Maßnahmen zur Umwelt- und Sozialverträglichkeit vor, etwa die Einrichtung von Abfall-Sortierzentren und die Einführung einer EPA (vgl. APTMA 2024, S. 45). Der Schwerpunkt liegt jedoch weiterhin auf Exportsteigerung und Produktionsausbau. Im Vergleich zu Vietnam, wo grüne Innovationen auch staatlich gewollt sind, scheint es in Pakistan weiterhin um rein wirtschaftliches Wachstum ohne ökologische oder soziale Dimension zu gehen.

Die pakistanische TBI trägt zu ca. 8,5 % zum nationalen BIP des Landes bei und beschäftigt ca. 38 % der Erwerbsbevölkerung, hauptsächlich gering qualifizierte Arbeitskräfte (Khan 2025, S. 7). Der Sektor ist durch eine Vielzahl kleiner und informeller Betriebe geprägt, deren Zahl statistisch kaum zuverlässig erfasst werden kann. Khan (2025, S. 10f.) beziffert die Gesamtzahl der registrierten Unternehmen in der pakistanischen TBI auf rund 4.142, wobei sämtliche Verarbeitungsschritte von der Spinnerei bis zur Fertigung abgedeckt sind. Die ILO geht davon aus, dass ca. 75 % der städtischen und 68 % der ländlichen Bevölkerung Pakistans informellen Tätigkeiten nachgehen (ILO 2024, S. 2). Demnach lässt sich durch die bekannte Zahl der registrierten

Unternehmen die Anzahl inkl. kleiner, informeller Einheiten auf etwa 14.500 schätzen, wenn man von einem Durchschnittswert von 71,5 % ausgeht. Batool et al. (2025, S. 13) gehen von etwa 5.000 Betrieben allein im Konfektionssektor aus.

Durch den hohen Anteil an kleinen und informellen Unternehmen kommt vielfach veraltete Technologie zum Einsatz. So werden vorwiegend mechanische Webstühle genutzt, die mehr Energie benötigen und weniger effizient sind als schützenlose Varianten (vgl. Khan 2025, S. 11). Auch in nachgelagerten Produktionsstufen wie dem Färben oder Bleichen dominieren überalterte Anlagen, die hohe Emissionen verursachen und zur massiven Verschmutzung von Wasser beitragen. Pakistans Textilindustrie verbraucht 49 % des gesamten Industriewassers, wobei nicht mal 1 % davon wieder aufbereitet wird (ebd., S. 15). Dazu kommt der umfassende Einsatz fossiler Energieträger, da Pakistan in den letzten Jahren wieder verstärkt auf Kohle zurückgreift, um den industriellen Bedarf zu decken. Ebenso bleiben in den Kleinstbetrieben Arbeitsgesetze und Klimaschutzmaßnahmen weitgehend unberücksichtigt (ebd., S. 12f.).

Das Bewusstsein für Abfallmanagement und Kreislaufansätze ist im Sektor bislang wenig ausgeprägt. Eine Untersuchung in Karachi ergab, dass 40 % der Befragten im Textilsektor das Konzept des Textilabfallmanagements nicht verstehen und über 70 % nichts über die Idee des Textilrecyclings wissen (Shehzad et al. 2023, S. 164).

Die pakistanische Textilindustrie steht vor erheblichen Herausforderungen. Neben strukturellen Schwächen beeinträchtigen Energieengpässe und schlechte Baumwollernteerträge infolge des Klimawandels die Produktivität. Im internationalen Vergleich verliert der Sektor zunehmend an Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Ländern wie Bangladesch und Indien. Darüber hinaus bestehen prekäre Arbeitsbedingungen aufgrund niedriger Löhne, unzureichender Sicherheitsstandards und einer schwach organisierten Gewerkschaftsstruktur (vgl. GIZ 2024b, S. 11). Im politischen Kontext zeigten sich in den vergangenen Jahren zudem Hinweise auf Bestrebungen, den Sektor stärker zu regulieren (vgl. ETC/CE 2023a). Dabei wurde diskutiert, dass der Import gebrauchter Kleidung dem Fertigungssektor langfristig schaden könnte, da auch neue Kleidung (etwa Fast Fashion oder Überproduktionen) unter der Klassifizierung HS 6309 eingeführt wird und somit in Konkurrenz zur lokalen Bekleidungsindustrie tritt. Da die Qualität importierter Secondhandkleidung im Vergleich zur lokalen Produktion oftmals besser ist, wird sie zunehmend vor Ort hergestellter Kleidung bevorzugt (Zulfiqar, Ambreen & Mohyuddin 2022, S. 263). Dies könnte längerfristig weitreichende Auswirkungen auf die informelle lokale Produktion haben, die mit internationalen Qualitätsstandards nicht mithalten kann (vgl. ebd.).

4.3.2 Textile Abfallströme in Pakistan

Pakistan verfügt zwar über Verfahren der Textilsammlung, -sortierung und Verwertung, allerdings sind diese größtenteils sehr informell und ineffizient organisiert und es fehlt an Standards. Insbesondere Karachi hat sich dabei zu einem wichtigen Zentrum für textile Abfallströme entwickelt. Die über den dortigen Seehafen eingeführten Textilabfälle gelangen in Sonderwirtschaftszonen wie die Karachi Export Processing Zone (KEPZ) (vgl. ETC CE 2023a, S. 17). Die Abwicklung des Importes und die Sortierung für den Reexport bzw. die weitere Verarbeitung erfolgt über ca. 82 lizenzierte Unternehmen für die Alttextilverarbeitung. Mittlerweile sind dort ca. 10.000 Menschen beschäftigt (Batool et al. 2025, S. 18f.).

In Pakistan lassen sich Textilabfälle in drei Bereiche unterteilen: postindustrielle Abfälle, importierte Alttextilien und lokale Alttextilien. Wie in Tabelle 3 zu erkennen ist, spielen die lokalen Alttextilien nur eine untergeordnete Rolle, was mit dem vorherrschenden Nutzerverhalten der Bevölkerung einhergeht, Altkleider möglichst lange zu nutzen, zu reparieren oder auch für ein Downcycling zu verwenden. Die postindustriellen Abfälle erzeugen den größten Anteil am Gesamtaufkommen, wobei die Menge an importierten Altkleidern stetig wächst. Laut den Recherchen auf UN Comtrade haben sich die Importe Pakistans von Altkleidern (HS 6309) seit 2020 von 483.197 t auf 1.084.520 t im Jahr 2024 mehr als verdoppelt (UN Comtrade 2025d). Von den 809.000 t importierten Altkleidern 2023 wurden ca. 280.000 t in afrikanische Länder, v.a. nach Kenia, Mosambik und Tansania reexportiert. 529.000 t sind für den heimischen Markt, wobei ein zunehmender Teil auch in die heimischen Secondhandmärkte fließt (Batool et al. 2025, S. 15).

Tabelle 3: Textilabfälle in Pakistan 2023 in t

postindustrielle Abfälle	887.000	→	Spinnerei	402.000
lokale Post-Consumer-Abfälle	270.000		Weberei	180.000
Importierte Altkleider	809.000		Konfektion	202.000
gesamte Textilabfälle	1.966.000		Überproduktion	103.000

Quelle: eigene Darstellung nach Batool et al. 2025, S.10

Während Karachi sich als Haupteinfuhr- und Verteilzentrum für importierte Altkleider etabliert hat, gilt Faisalabad als industrielles Kerngebiet des Textilrecyclings. Da die Stadt über eine starke Textil- und Bekleidungsproduktion verfügt und dort große Mengen an postindustriellen Abfällen erzeugt werden, haben sich in Faisalabad auch ca. 175–225 Recyclinganlagen angesiedelt (vgl. ebd., S. 21). Dabei erfolgt die Sammlung und Sortierung je nach Abfallstrom über unterschiedliche Kanäle. Die postindustriellen

Abfälle, vielfach nicht vorsortiert, werden in der Regel von den Textilfabriken in einem Auktionsverfahren abgegeben und über ein Netz von etwa 2.500–3.000 Zwischenhändlern eingesammelt, die das unsortierte Material direkt bei den Produktionsstätten abholen und es zu Sortieranlagen bringen. Dort erfolgt dann eine manuelle Sortierung nach Materialart, Farbe und Qualität mit anschließendem Weiterverkauf an Recycler (ebd., S. 17). Die Zusammensetzung des postindustriellen Abfalls besteht größtenteils aus Baumwolle oder baumwollreichen Mischgeweben (ca. 68 %), gefolgt von Polyester (ebd., S. 13f.). Andere Fasern, wie Wolle, Nylon oder Acryl, machen lediglich 6 % des PIW aus (ebd.). Die lokalen Post-Consumer-Abfälle hingegen werden durch informelle Sammler in die Sortierzentren gebracht und dort nach Nutzbarkeit, Qualität und Materialart getrennt (ebd.). Wiederverwendbare Kleidungsstücke werden repariert, gereinigt und auf Secondhand-Märkten verkauft, während nicht wiederverwendbare Teile in Recyclingbetriebe gelangen und dem Downcycling zugeführt werden (ebd., S. 17f.). Die importierten Altkleider werden insbesondere in Karachi in der KEPZ sowie auf dem Sher-Shah-Markt in Ballen entladen, auf Förderbändern verteilt und manuell sortiert. Von dort aus gelangt die Ware entweder in den Reexport oder wird über ein mehrstufiges Verteilnetz in die lokalen Märkte und darüber auch in das Textilrecycling weitergeleitet (ebd., S. 19).

4.3.3 Textilrecycling in Pakistan

Schätzungen zufolge sind in Pakistan zwischen 350 und 450 Recyclinganlagen mit Tätigkeiten wie Sammeln, Sortieren, Vorverarbeiten und Recyceln befasst (Batool et al. 2025, S. 21). Aufgrund der verfügbaren Technologie und Infrastruktur setzt die Branche hauptsächlich auf mechanische Recyclingmethoden (ebd., S. 21). Chemisches Recycling wird derzeit noch nicht in Pakistan eingesetzt (ebd., S. 28).

Die pakistanische Textilrecyclingindustrie arbeitet mit zwei Hauptströmen. Der eine Strom besteht aus gefärbtem PCW sowie postindustriellen Textilabfällen, die sich nicht zum Bleichen eignen oder qualitativ minderwertig sind. Sie werden einem Downcycling unterzogen und zu geringwertigeren Produkten wie Füllungen, Putztüchern oder gröberen Garnen für andere Zwecke als Bekleidung verarbeitet (ebd., S. 24). Da farbige Recyclingfasern deutlich günstiger gehandelt werden (etwa 0,30–0,50 US-Dollar/kg) ist diese Methode für Hersteller weniger attraktiv (ebd.). Allerdings ist sie für einige Recyclingunternehmen die einzige Möglichkeit am Markt teilzunehmen, da veraltete Maschinen und verunreinigte Reststoffe zur Produktion niedriger Güte eingesetzt werden können. Den anderen Strang, und den weitaus größeren Teil bilden die postindustriellen Abfälle aus Baumwolle, die entfärbt und geblichen werden können. Die entfärbten

Fasern können mit neuer Rohbaumwolle oder Spinnresten gemischt werden, wodurch ein teilweise recyceltes Garn entsteht, das zur Herstellung von Textilien eingesetzt werden kann. Allerdings werden für das Entfärben und Bleichen Chemikalien verwendet (Batool et al. 2025, S. 30). Diese Fasern erreichen aufgrund der hohen Nachfrage Marktpreise zwischen 0,80–1,60 US-Dollar/kg (Batool et al. 2025, S. 22). Postindustrielle Abfälle werden in Pakistan zu rund 85–90 % in gebleichte Fasern umgewandelt, lediglich 10–15 % verbleiben in gemischtfarbigen Faserströmen (ebd.).

Ein anschauliches Beispiel für eine fortschrittliche Recyclinganlage in Pakistan bietet das vertikal integrierte Textilunternehmen Soorty, das sich auf die Produktion von Denim spezialisiert hat (vgl. Soorty, o. J. a). Das Unternehmen betreibt eine mechanische Recyclinganlage mit einer Kapazität von etwa 500.000 Jeans pro Monat und investiert parallel in den Ausbau erneuerbarer Energien, u. a. in Solarparks und Windkraftanlagen (Soorty, o. J. b; Soorty, o. J. c). Die im Recyclingprozess erzeugten Fasern werden zudem mit einer DNA-basierten Markierung versehen, die eine lückenlose Rückverfolgung ermöglicht und somit Transparenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette gewährleistet. Die Technologie dafür stammt von dem Schweizer Unternehmen Haelixa (ebd.).

Ein kleiner Bereich der pakistanischen Textilrecyclingindustrie verarbeitet zudem Post-Consumer Abfälle aus Wolle. Die recycelten Fasern sowie die fertigen Produkte sind v. a. für den Reexport in europäische Märkte vorgesehen (Batool et al. 2025, S. 24).

4.3.4 Potentiale und Hindernisse des Textilrecyclings in Pakistan

Pakistan verfügt über ein erhebliches Potenzial, sich im Textilrecycling international stärker zu positionieren. Neben den großen Mengen an eigenen postindustriellen Abfällen aus der Industrie, sowie den importierten Altkleidern, verfügt das Land über etablierte Handelsbeziehungen durch den Export des Textil- und Bekleidungssektors, die es auch nutzen könnte, um auf dem globalen Textilrecyclingmarkt eine bedeutende Position einzunehmen. Die großen Mengen an importierten Alttextilien, darunter auch Mischgewebe und synthetische Fasern, sind außerdem ideal um Pilotprojekte für chemisches Recycling zu fördern. Die eigene TBI bietet außerdem eine gute Basis um kreislaufwirtschaftliche Ansätze, die Textilrecycling inkludiert, in der Produktion zu testen. Der hohe Baumwollanteil des postindustriellen Abfalls ist ökonomisch vorteilhaft, da auf dem internationalen Markt eine hohe Nachfrage nach recycelter Baumwolle besteht. Darüber hinaus zeichnet sich Pakistan durch eine langjährige Praxis im Umgang mit recycelten Textilien aus. Seine Position als Umschlagplatz für Secondhandkleidung sollte auch genutzt werden, um die eigenen Inputströme für das Textilrecycling zu optimieren.

Ähnlich wie in Vietnam bestehen auch hier Herausforderungen, die v.a. auf die fragmentierte und stark informelle Wertschöpfungskette zurückzuführen sind. Die Abfallsammlung erfolgt oftmals unkoordiniert und ohne einheitliche Standards, was die Rückverfolgbarkeit der Stoffströme und ihre Stabilität einschränkt. Ein wesentlicher Ansatzpunkt zur Verbesserung wäre hier die systematische Sortierung postindustrieller Textilabfälle bereits während der Produktion, anstatt diese unsortiert an Zwischenhändler weiterzugeben. Darüber hinaus könnten direkte Verbindungen zwischen Produktionsstätten und Recyclinganlagen, wie es bereits in Vietnam passiert, Transparenz und Nachverfolgbarkeit innerhalb der Abfallströme erhöhen.

Ein weiteres Hemmnis sind die veralteten Technologien, die eingesetzt werden. Da die Textilrecyclingindustrie im Vergleich zur konventionellen TBI kaum politische Unterstützung erhält, können bisher nur große Hersteller und Produzenten wie Soorty in moderne Technologien investieren. Die Steuer- und Subventionsstruktur sollte geprüft und angepasst werden, damit zukünftig umweltfreundliche Geschäftspraktiken und Recyclingaktivitäten besser gefördert werden. Sowohl die TBI als auch die Öffentlichkeit braucht Aufklärung, was Textilrecycling beinhaltet und warum es für Pakistan sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch und sozial vorteilhaft ist, sich international zu positionieren.

Pakistan hat zudem seit Jahren ein strukturelles Energieproblem, das die Industrien im Land global betrachtet wirtschaftlich benachteiligt. Ineffizienzen im Stromsektor und strukturelle Defizite in der Verteilung führen zu erheblichen Belastungen für die ansässigen Unternehmen und hemmen die Wettbewerbsfähigkeit des Landes (vgl. World Bank 2024, S. 17). Die hohen Strompreise verringern die Rentabilität der Recyclingunternehmen und erschweren zudem, dass in moderne Anlagen und fortschrittliche Recyclingtechnologien investiert werden kann (vgl. Batool et al. 2025, S. 30). Dabei verfügt Pakistan über ein beträchtliches Potenzial im Bereich erneuerbarer Energien: Das technisch nutzbare Wasserkraftpotenzial wird auf rund 60 GW geschätzt, von dem bisher nur ein kleiner Teil erschlossen ist und auch über Wind- und Solarenergie könnte das Land seinen Strombedarf gut decken (vgl. Khan 2025, S. 14). Eine Umstellung auf sauberere Energiequellen würde die Treibhausgasemissionen des Sektors erheblich senken.

4.4 Prato in Italien

4.4.1 *Struktur und Organisation des textilen Industriegebietes in Prato*

In der Stadt Prato des gleichnamigen Bezirks in der Provinz Toskana liegt einer der größten textilwirtschaftlichen Distrikte Italiens. Der “Distretto tessile di Prato” ist für ca. 3 % der gesamten europäischen Textilproduktion verantwortlich und exportiert jährlich Produkte im Wert von ca. 2,3 Mrd. € (Comune di Prato 2025).

Bereits seit dem Mittelalter ist eine organisierte Textilproduktion in der Region nachweisbar (Bellandi & Santini 2018, S. 360). Die dort entstandenen Strukturen und Techniken bilden nicht nur die Grundlage für die heutigen umfassenden Textil -und Recyclingkenntnisse der dortigen Akteure, sondern sie erklären zugleich auch die Implementierung kreislaufwirtschaftlicher Praktiken. Das Textilrecycling in Prato hat eine lange Tradition und reicht bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. Bereits um 1850 wurde dort ein Verfahren zur Regeneration von Wolle aus Alttextilien und Produktionsresten etabliert, das bis heute die Grundlage des industriellen Profils des Bezirks bildet (vgl. Borsacchi, Barberis & Pinelli 2018, S. 716). Eine entscheidende technologische Innovation war dabei die Entwicklung neuer Reißmaschinen (Garnettmaschinen), die mit rotierenden Zylindern mit Nadeln erstmalig eine industrielle Aufarbeitung gebrauchter Wolle erlaubten (vgl. Hall 2019). Darauf aufbauend entwickelte sich die Kardierung und Spinnerei, wodurch Prato zu einem spezialisierten Zentrum der Streichgarnverarbeitung wurde (ebd.). Die Industrie der Stadt war zu Beginn des 20. Jahrhunderts stark auf die Herstellung von recycelter Wolle aus Alttextilien ausgerichtet. Dabei spezialisierten sich Unternehmen des Textildistrikts (TD) auf einfache Produkte wie bspw. Militärdecken, wodurch sie einen erheblichen Kostenvorteil gegenüber Wettbewerbern generieren konnten, welche Frischfasern einsetzten (vgl. Bressanelli, Visintin & Sacconi 2021, S. 4).

Zwischen 1900 und 1950 bildeten sich zahlreiche kleinere Zulieferer heraus, die sich auf einzelne Phasen des Recyclingprozesses spezialisierten. Große vertikal integrierte Unternehmen wurden durch Hauptlieferanten ersetzt, die sich auf das Netzwerk der vielen spezialisierten Zulieferer stützten (ebd.). Zwischen 1950 und 1981 stieg so die Zahl der Beschäftigten im TD von 22.000 auf 60.000 und die Zahl der Unternehmen von 800 auf über 14.000 an (ebd.). Ab den 1970er Jahren versuchten die Unternehmen ihr Produktspektrum zu diversifizieren und neue Faserarten und anspruchsvollere Produkte zu integrieren, da diese am Markt vermehrt nachgefragt wurden. Allerdings gelang die Anpassung nicht schnell genug. Die Nachfrage in Richtung leichter und innovativer Baumwoll-, Leinen- und Polyesterstoffe stieg Mitte der Achtziger so stark an, dass 37 % der

Unternehmen im Bezirk schließen mussten (ebd., S. 4). Darauf folgte eine Reorganisation im TD, wobei v. a. Unternehmen für die Endfertigung ein erhebliches Wirtschaftswachstum erlebten und die Anzahl der Zulieferer in den vorgelagerten Phasen, wie Spinnerei und Weberei, deutlich zurückging. Insgesamt sank die Zahl der im TD tätigen Unternehmen bis zum Jahr 2000 so auf 6.500, während die Zahl der Beschäftigten durch den Fokus auf Konfektion und Endfertigung mit über 40.000 nahezu stabil blieb (vgl. ebd.).

Seit den 1990er Jahren erlebte Prato eine massive Zuwanderungswelle aus China (v. a. aus der Region Wenzhou) (vgl. Del Bianco 2024, S. 314). Die Einwanderer begannen oftmals als Zulieferer für italienische Textilunternehmen und lieferten Strickwaren und Bekleidung. Auf Grund ihrer Flexibilität und der niedrigeren Zulieferkosten stellten sie gute Geschäftspartner für lokale Unternehmen dar (Lazzeretti & Capone 2017). Viele der Einwanderer gründeten bald eigene kleine Unternehmen, die ihre Stoffe und Garne allerdings aus Fernost bezogen und preiswerte Kleidung produzierten. Auf diesem Weg wurde Prato auch zu einer Hochburg asiatischer Fast Fashion (Schubert 2023). Lazzeretti & Capone (2017, S. 152) weisen auf den Substitutionseffekt zwischen den jeweiligen Unternehmensgruppen im Distrikt hin: Das Scheitern italienischer Unternehmen zu Beginn des Jahrtausends ist direkt mit einer steigenden Zahl von Neugründungen chinesischer Firmen im Distrikt verbunden. Zudem trugen die chinesischen Firmen auch zur Weiterentwicklung des Distrikts bei, da sie die Endfertigung in den TD brachten, der davor auf die reine Textilproduktion ausgerichtet war (ebd., S. 145). Obwohl Prato die ausländische Gemeinschaft damals willkommen hieß und Schwierigkeiten der Integration mit sozial inkludierenden Maßnahmen und Dienstleistungen zu lösen versuchte, entwickelten sich hier dennoch zwei parallel existierenden Gemeinschaften. Eine Zusammenarbeit zwischen italienischen und chinesischen Unternehmen findet kaum statt. Lediglich etwa 0,5 % der Firmen gelten formell als italienisch-chinesische Gemeinschaftsunternehmen und häufig fungieren die italienischen Partner dabei nur als „Strohpersonen“ (ebd., S. 144). Die chinesischen Handels- und Konfektionsbetriebe basieren wie die Italienischen vorwiegend auf familiären und sozialen Netzwerken (Del Bianco 2024, S. 315). Sie existieren dabei parallel zu den traditionellen, italienischen Wollrecycling- und Textilbetrieben in der Region, werden aber in Studien und Analysen zu dem TD auf Grund der anderen Wirtschaftspraxis oftmals ausgeklammert. Allerdings sind sie für die wirtschaftlichen Ergebnisse der Stadt mittlerweile von großer Bedeutung, obwohl die Entwicklung weiterer nachhaltiger Kreisläufe durch sie behindert wird. Theoretisch wäre

es möglich gewesen, hier Synergien zu schaffen, da alle Verarbeitungsstufen von der Garnherstellung bis zum Recycling des Endproduktes nun in der Region ansässig sind.

Zu Beginn des neuen Jahrtausends verschärften zudem die Auswirkungen der Globalisierung und der globalen Finanzkrise 2008 erneut die Situation. Die Beschaffungs- und Fertigungspolitik großer Bekleidungskonzerne verlagerte sich in Richtung Schwellenländer und ein verstärkter Import von Halbfertigprodukten aus Niedriglohnländern setzte ein (vgl. ebd.). Dadurch verlor der TD bis 2011 etwa die Hälfte der Beschäftigten (51 %) und Unternehmen (52 %) (ebd., S. 5).

Aktuell zählt die Provinz Prato ca. 7.000 Unternehmen im Textil- und Bekleidungssegment mit fast 43.000 Mitarbeitenden (NetZeroCities 2025). Davon sind ca. 4.600 chinesische Textil- und Bekleidungsunternehmen, die ca. 30.000 Mitarbeitende, vorwiegend aus Pakistan, Marokko oder Bangladesch, beschäftigen (Schubert 2023). „Die Stadt ist ein Labor der Globalisierung“ (ebd.). Die Zuwanderung löste Konflikte um Integration und das Zusammenleben aus und schwächte in der Vergangenheit den lokalen sozialen Zusammenhalt (vgl. Bellandi & Santini 2019, S. 360).

4.4.2 Kreislaufwirtschaft in Prato

Der Industriedistrikt Prato wird im wissenschaftlichen Kontext oftmals als Fallbeispiel rund um die Themen Öko-Industrieparks, Industriesymbiosen und Etablierung einer Circular Economy (CE) genutzt (vgl. Mazzoni 2020; Bressanelli et al. 2021). Neben dem Ansatz des Textilrecyclings, der für diese Arbeit besondere Relevanz besitzt und auf den im nächsten Unterkapitel genauer eingegangen wird, gibt es einige weitere wichtige Elemente und Meilensteine, die bei der Etablierung kreiswirtschaftlicher Prozesse innerhalb des Distrikts von Bedeutung sind. Ein zentraler Bereich betrifft dabei den Umgang mit Wasserressourcen, da gerade die Textilindustrie mit einem großen Wasserverbrauch verbunden ist. Um diesem Bedarf gerecht zu werden, begann Prato bereits 1981 als eines der ersten Industriegebiete in Europa ein geschlossenes Wasser- und Abwassersystem anzulegen (Borsacchi et al. 2018, S. 720). Initiiert wurde das Projekt als öffentlich-private Partnerschaft zwischen der Stadt, den (textilen) Industrieverbänden und dem Unternehmen GIDA S.p.A, das eigens dafür gegründet wurde (EU Commission o. J. a). Die Mehrheit des Projektes liegt in öffentlicher Hand (Guerrini et al. 2016, S. 2). Die industrielle Wasseraufbereitungsanlage sammelt und behandelt sowohl das Abwasser aus Haushalten als auch aus der Verarbeitung der Betriebe in Prato. Die Anlage trägt wesentlich zur Erhaltung des Grundwasserspiegels bei und kann jährlich bis zu 50 Millionen Kubikmeter Abwasser aufbereiten, wobei ca. 11 % des gereinigten Wassers über

ein Industrierwasser-Netz wieder an die Textilindustrie zurückgeführt werden und damit ein Kreislaufsystem erzeugen (EU Commission o. J. a).

Prato ist seit 2017 Mitglied der European Urban Agenda (EUA) im Partnerschaftsbereich Circular Economy. Die EUA verfolgt das Ziel, Städte, Mitgliedsstaaten und EU-Institutionen in den Bereichen Regulierung, Förderung und Wissensaustausch enger zusammenzubringen, um den Übergang zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft auf städtischer Ebene zu beschleunigen (Borsacchi, Tacconi & Pinelli 2021). *Prato Circular City* wurde 2020 vorgestellt und soll Prato durch Innovation, Regeneration und soziale Kohäsion zu einer Modellstadt der Kreislaufwirtschaft entwickeln (ebd.). Ein Beispiel aus dem Konzept ist die Wiederverwendung und Umnutzung ehemaliger Industrieareale. Ziel ist es, unter der Leitidee eines „zero-volume“-Ansatzes nachhaltige Stadtentwicklung zu fördern, die auf Ressourcenschonung und Umweltverträglichkeit beruht (vgl. Borsacchi et al. 2018, S. 721). Die Strategie der Prato Circular City umfasst ein durchdachtes Governance Modell mit vielfältigen Interaktionsformen, wobei der zentrale Teil die Vernetzung aller Akteure ist: Die Verwaltung fördert Innovationen für Kreislaufwirtschaft von Unternehmen und Bürgern; die Unternehmen arbeiten einerseits mit Bürgern zusammen um gemeinsame neue Geschäftsmodelle für CE-Dienstleistungen zu entwickeln und andererseits mit der Verwaltung, um nachhaltige öffentliche Beschaffung und Innovation voranzutreiben (vgl. Borsacchi et al. 2021). Vor diesem Hintergrund sind viele Akteure der lokalen Textilwirtschaft seit Jahren in CE-Projekte der Stadtverwaltung involviert.

Prato Circular City beinhaltet auch einen *Textile Hub*, der als Infrastruktur- und Innovationsprojekt gedacht ist. Zwei wichtige Projekte innerhalb des Textile Hubs sind der Bau eines Klärschlammrockners für die Wasseraufbereitungsanlage GIDA und der Aufbau einer vollautomatischen Alttextilsortieranlage, die mit Hilfe von NIR-Spektroskopie und Künstlicher Intelligenz die präzise Klassifizierung der Alttextilien nach Fasertyp und Farbe ermöglichen soll (Technofashion o. J.). Die Anlage soll 2026 in Betrieb gehen, wird auf einer Fläche von 9000 m² entstehen und pro Jahr ca. 20.000 t Post-Consumer-Abfall und 13.000 t postindustriellen Abfall verarbeiten. Die Planung sieht vor, dass ca. 60 % des PWC nach Sortierung und Desinfektion wieder über Unternehmen in Prato dem Secondhandkreislauf zugeführt werden, während die nicht wiederverwertbaren Kleidungsstücke dem Textilrecycling zugeführt werden (ebd.). Etwa die Hälfte des postindustriellen Abfalls soll zudem in der Region generiert werden. Die Produkte der Anlage sollen an Partnerbetriebe in Prato geliefert werden, wo sie für das Downcycling zur Herstellung von Akustikplatten, Einrichtungsgegenständen und Asphalt genutzt werden. Ein Teil davon ist auch für chemisches Textilrecycling vorgesehen (ebd.).

Neben lokalen Projekten bemüht sich Prato auch darum, seine Rolle im europäischen Kontext zu stärken. 2024 wurde gemeinsam mit der Region Toskana eine Vertretung in Brüssel eingerichtet, um die Interessen des Textilbezirks direkt in die EU-Diskussionen zur Ökodesignverordnung, der EPR und dem Digitalen Produktpass einzubringen (NetZeroCities 2025). Prato verfolgt eine aktive Lobby- und Vernetzungsstrategie, um sicherzustellen, dass europäische Regelwerke die lange Tradition und die besonderen Kompetenzen des Bezirks im Bereich Textilkreislaufwirtschaft berücksichtigen.

4.4.3 *Textilrecycling in Prato*

Prato verfügt seit 1850 über ein etabliertes Recyclingcluster, in dem mehrere Hundert Betriebe entlang der gesamten Alttextilrecyclingwertschöpfungskette tätig sind. Die Unternehmen tragen zu etwa 50 % des weltweiten Exports an Streichgarnstoffen aus Wolle bei, wobei ca. 80 % davon aus recycelter Wolle hergestellt werden (NetZeroCities 2025). Der Recyclingprozess lässt sich in einzelne Phasen unterteilen, dazu zählt das Sammeln, Sortieren, Zerkleinern, Kardieren, Spinnen, Weben, Färben und Veredeln (Bressanelli et al. 2022, S. 125). Viele der Unternehmen haben sich auf einzelne Phasen des Recyclingprozesses spezialisiert.

In der Regio entstehen jährlich rund 35.000 t Recyclinggarne sowie 100 Mio. Meter recyceltes Gewebe durch mechanische Textilrecyclingverfahren (NetZeroCities 2025). Auch hier konnten keine wissenschaftlichen Veröffentlichungen recherchiert werden, die den betrieblichen oder experimentellen Einsatz chemischer Textilrecyclingverfahren dokumentieren. Prato ist jedoch als Pilotregion im EU-Projekt *Solstice* eingebunden, das u. a. auch die Entwicklung und Demonstration chemischer Recyclingtechnologien für Textilien vorsieht (Solstice o. J.).

Der mechanische Textilrecyclingprozess von Wolle lässt sich in Prato in drei Hauptschritte unterteilen: (i) Sortieren und Schneiden, (ii) Reißen und Zerfasern und (iii) die Herstellung neuer Garne (Bressanelli, Nesi, Sacconi & Visintin 2022, S. 126). Eine große Relevanz besitzt dabei das Mischen der verschiedenen Pre-/Post-Consumer-Abfälle wodurch ausbalancierte Qualitäten erzeugt werden können (vgl. Hall 2019). In Prato wird hauptsächlich Post-Consumer-Abfall genutzt, wobei kleine Mengen von PIW eingesetzt werden, um bei Bedarf die Qualität zu steigern (ebd.). Der PCW stammt von Händlern weltweit und wird in vorsortierten Ballen geliefert (Bressanelli et al. 2022, S. 125). Damit ist Prato auch ein internationaler Umschlagplatz für Alttextilien. Das ansässige Sortierunternehmen Rantex führt bspw. lediglich 1/3 der gekauften Alttextilien dem Textilrecycling zu, während der Rest nach Afrika, Pakistan und Bangladesch weiterverkauft wird (Schubert 2023).

Den Schritt des Sortierens übernehmen in Prato sogenannte *Cenciaioli* (wörtlich übersetzt: Lumpensammler/-händler), welche die Alttextilien nach Farbe, Material und Qualität unterteilen, wobei sie durch jahrelange Erfahrung v.a. durch die Griffigkeit und Haptik des Stoffes die Qualität unterscheiden können (Bressanelli et al. 2022, S. 126). Das Farbmanagement des späteren Garns übernehmen *Feltrinisti* (ital. Feltro = Filz) (ebd.). Ein Bleichen und erneutes Färben der Alttextilien wird hier im Gegensatz zu Pakistan aus ökonomischen und ökologischen Gründen vermieden. Dafür mischen die Feltrinisti die verschiedenen Faserchargen der Alttextilien im Labor in einer Laborkarte, welche das Ergebnis des Prozesses simuliert (ebd.). Nach Freigabe der Laborkarte erfolgt die eigentliche Produktion (ebd.). Das Labor ermöglicht zudem auch die Überprüfung der Eigenschaften des eingehenden Materials. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Identifizierung des Materials, der Einhaltung ökotoxikologischer Anforderungen und des möglichen Vorhandenseins von kritischen Chemikalien (z. B. Formaldehyd, Azofarbstoffe, allergene Farbstoffe oder Schwermetalle) (Furferi, Volpe & Mantellassi 2022, S. 6). Beim anschließenden Spinnen wird das kardierte Vlies durch die Kombination von Strecken und Zwirnen in ein Garn umgewandelt, welches wiederum in ein Gewebe oder Gestrick überführt werden kann.

Die eben beschriebenen Prozesse vollziehen sich innerhalb eines komplexen Netzwerks von Hunderten kleiner Partnerunternehmen. Ein führendes Textilunternehmen, Manteco, arbeitet z. B. mit 54 anderen Partnerbetrieben in Prato zusammen (Furferi et al. 2022, S. 15). Prato verfügt über eine dezentralisierte, wettbewerbsorientierte und zugleich eng verknüpfte Zusammenarbeit spezialisierter Betriebe, die dem Cluster seit Jahrzehnten wirtschaftliche Stabilität verleiht (Hall 2019). So teilen sich einzelne Firmen Verarbeitungsanlagen oder übernehmen im Sortierprozess unterschiedliche Arbeitsschritte. In vielen Studien und Berichten zur Textilrecyclingindustrie in Prato wird deutlich, wie bedeutend die sozialen und institutionellen Verflechtungen zwischen den Akteuren sind. Die gemeinsame Sprache, die geteilten Werte und Bräuche sind Teil des Erfolges, den der Textildistrikt erlangt hat (vgl. Bressanelli et al. 2021, S. 5). Das Wissensmanagement und die gewachsenen Geschäftsbeziehungen über mehrere Generationen hinweg gelten dabei als besondere Stärke des Textildistrikts (vgl. Hall 2019). Das Textilrecycling in Prato ist global betrachtet deshalb so relevant, weil die mechanischen Recyclingverfahren und -prozesse dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Das Unternehmen Manteco hat beispielsweise für die Hauptprodukte umfassende Lebenszyklusanalysen durchgeführt, die transparent einsehbar sind und nach internationalen Standards (UNI EN ISO 14040, 14044 and 14025) durchgeführt wurden (Manteco 2025).

Zudem entwickelt es eine blockchainbasierte Plattform zur Verfolgung aller Prozesse zur Herstellung neuer Recyclingstoffe und integriert IT-Systeme zur Echtzeitqualitätskontrolle (Furferi et al 2022, S. 17).

4.4.4 Potentiale und Hindernisse des Textilrecyclings im TD Prato

Der Textildistrikt und seine Recyclingindustrie heben sich in dieser Arbeit von den bereits vorgestellten Textilrecyclingstrukturen in Afrika und Asien ab, da sie das Potenzial textiler Recyclingprozesse in der EU aufzeigen. Die vorhandenen industriellen Strukturen, die institutionelle Unterstützung sowie die über Jahrzehnte gewachsene Expertise der Unternehmen schaffen hier günstige Voraussetzungen, um Strategien der Kreislaufwirtschaft und damit auch des Textilrecyclings zu entwickeln und direkt praktisch umzusetzen. Die historisch gewachsenen Rahmenbedingungen, etwa das gemeinschaftlich betriebene Abwassersystem oder die vielen wirtschaftlichen und sozialen Verflechtungen, verleihen dem Distrikt ein sicheres Fundament, auf dem neue Projekte initiiert und weiterentwickelt werden können.

Das größte Potential in diesem Zusammenhang hat sicherlich die seit Jahrhunderten organisch gewachsene Infrastruktur und das Spezialwissen zu Textilrecycling. Prato verfügt über einen einzigartigen Erfahrungsschatz in der mechanischen Wiederaufbereitung von Wollfasern (vgl. Borsacchi et al. 2021). Das Wissen dazu wurde in einem symbiotischen Ansatz unter den Unternehmen jahrzehntelang geteilt, mit dem Ziel dadurch für alle Beteiligten Vorteile und Gewinne zu erzielen. Dieser kollaborative Ansatz, in den (fast) alle Stakeholder integriert werden, ist eine wichtige Voraussetzung, um weitere CE Ansätze in die Praxis umzusetzen. Die Vernetzung wirkt sich auch positiv auf den Wissenstransfer im Umweltbereich aus und kann so auch die Effizienz mancher (Öko-)Innovationen steigern (Mazzoni 2020, S. 668).

In den betrachteten Studien, Medienberichten und Analysen wurde zudem die Dynamik und wirtschaftliche Schnelllebigkeit des Textildistrikts deutlich (vgl. Del Bianco 2024, S. 324; Lazzeretti & Capone 2017, S. 144; Schubert 2023). Vor allem die geplante vollautomatisierte Sortieranlage ist ein weiterer bedeutender Meilenstein, um die gesamte europäische Textilrecyclinginfrastruktur nach vorne zu bringen. Aktuell stehen vor allem Lebenszyklusanalysen und die digitale Rückverfolgbarkeit im Mittelpunkt der Unternehmen, da diese als zentrale Instrumente gesehen werden, um die Chancen der kommenden Ökodesignverordnung besser nutzen zu können. Der Distrikt hat zahlreiche Ansätze entwickelt, um Umweltauswirkungen systematisch mess- und kommunizierbar zu machen (Bressanelli et al. 2021, S. 6).

Gleichzeitig zeigen sich jedoch auch Hemmnisse, welche die Weiterentwicklung gefährden. Viele Prozesse im Wollrecycling basieren immer noch auf den manuellen Fertigkeiten älterer Fachkräfte, deren Wissen langfristig verloren gehen könnte, da es nicht immer weitergegeben wird (vgl. ebd., S. 6). Auch ist noch nicht vollständig absehbar, ob Automatisierung und Künstliche Intelligenz künftig ähnlich qualitativ hochwertige Sortierungen durchführen können wie erfahrene Fachkräfte. Die Sicherung finanzieller und politischer Unterstützung stellt zudem eine permanente Aufgabe dar, für die Zeit- und Kostenaufwände in den Unternehmensnetzwerken und der Verwaltung entstehen. Prato steht in einem dauerhaften Wettbewerb mit anderen europäischen Städten um EU-Fördermittel für Projekte der Kreislaufwirtschaft. Außerdem stellt die Koordination der Vielzahl lokaler Akteure (Unternehmen, Verwaltung und Zivilgesellschaft) eine Herausforderung dar.

Gleichzeitig entstehen durch die stark fragmentierte und dezentralisierte Lieferkette wirtschaftliche Herausforderungen. Die kleinen Partnerunternehmen agieren oftmals mit geringen Margen und ohne stabile vertragliche Bindungen und benötigen daher ein enormes Maß an Koordination und Vertrauen (Borsacchi et al. 2018). Sie werden meist nur schwach in strategische Prozesse wie Design oder Innovation eingebunden, was eine gemeinsame Kreislauftransformation erschwert (ebd.). Hinzu kommt, dass kleinere Unternehmen in der Endfertigung oft nicht in der Lage sind, ihre Zulieferer effektiv zu steuern oder längerfristige Partnerschaften zu etablieren, wodurch Investitionen in CE-spezifische Anpassungen bei den Zulieferern ausbleiben (ebd.).

In der Recherchearbeit waren zudem keine weiterführenden Informationen zur Integration der parallel existierenden chinesischen Fast Fashion Unternehmen zu finden. Sollte das Konzept der Prato Circular City in einem ganzheitlichen CE Ansatz verfolgt werden, ist auch die Endfertigung durch die chinesischen Unternehmen zu integrieren. Pilotprojekte könnten eine zukünftige Zusammenarbeit zwischen linearen Konzepten und kreislaufwirtschaftlichen Methoden fördern, bei dem Prato als eine Art *Living Lab*, als Reallabor, fungieren könnte. Stufenweise könnten so die linearen Verfahren in kreislaufwirtschaftliche überführt werden. Prato könnte hier erneut zeigen, wie durch Zusammenarbeit Fortschritte für alle erreicht werden können, die zudem die ökologischen und sozialen Schäden der TBI reduzieren. Dadurch könnten wichtigen Erkenntnisse für die global linear agierende TBI und auch für die Textilrecyclingindustrien entstehen.

5 Weiterentwicklung des Textilrecyclings: Potentiale und Zukunftsperspektiven

Zukünftige Entwicklungen im Textilrecycling erfordern einen holistischen Ansatz, der nicht nur technologische Innovationen, sondern auch soziale, ökologische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen berücksichtigt. Des Weiteren ist ein proaktives Engagement aller Stakeholder gefordert, um die aktuellen zentralen Hürden zu beseitigen. Produzenten, Hersteller und Designer, Konsumenten, NROs und Medien, sowie Gesetzgeber, Handelsorganisationen und Industrieverbände können gemeinsam dazu beitragen, dass künftig v. a. nachhaltige Praktiken integriert werden (vgl. Md Shamsuzzaman et al. 2025, S. 16). Zudem sollten einheitliche Standards durch Gesetzgeber gefördert und Anreize geschaffen werden, damit echte Kreisläufe entstehen können.

Die vorangegangene Analyse textiler Recyclingstrukturen machte außerdem drei zentrale Schwerpunkte für Weiterentwicklungen sichtbar: (i) Die Produktebene, (ii) prozessuale Verbesserungen der Sortier- und Recyclingverfahren und (iii) eine strategische Verortung der globalen Textilrecyclingkapazitäten.

Eine organisierte Ausweitung und Gestaltung der gesamten Rückführungslogistik ist dabei unerlässlich, da sie das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage nach recycelbaren Textilien bestimmt und über die Tragfähigkeit der gesamten Wertschöpfungskette des Textilrecyclings entscheidet (vgl. Dukovska-Popovska et al. 2023, S. 161). Bislang ist Textilrecycling, mit wenigen Ausnahmen wie dem F2F-Recycling von MMCF noch ein Nischenmarkt, der nur dann eine breitere Marktakzeptanz erreichen kann, wenn die Kosten der Technologien erheblich gesenkt werden und ein erleichterter und stetiger Zugang zu qualitativ hochwertigen Sekundärrohstoffen durch eine systematisch erweiterte Infrastruktur geschaffen wird. Die dafür notwendigen Investitionen sind beträchtlich und ohne die Einführung einer umfassenden und idealerweise global verpflichtenden EPR kaum realisierbar.

5.1 Weiterentwicklungen auf Produktebene

Das Produktdesign von Bekleidung entscheidet maßgeblich darüber, ob diese am Ende ihres Lebenszyklus Teil eines Ressourcenkreislaufes werden können. Bislang wird Bekleidung in der Regel noch nicht für ein späteres Recycling entworfen. Die Designer in der TBI sind in erster Linie dazu angehalten nach dem wirtschaftlichen Minimalprinzip die kurzlebigen Modetrends umzusetzen, ohne die nachgelagerte Nutzung und Entsorgung des Produkts in den Gestaltungsprozess miteinzubeziehen. Hier besteht ein großer Handlungsbedarf zur Neuausrichtung des Designverständnisses. Neben Ästhetik,

Funktionalität und Wirtschaftlichkeit müssen zukünftig auch Recyclingfähigkeit und Kreislauffähigkeit als zentrale Gestaltungsdimensionen berücksichtigt werden. Aktuell besteht ein Großteil der produzierten Bekleidung aus Mischfasern oder komplexen mehrlagigen Konstruktionen mit Störstoffen, die zwar einerseits das Aussehen und die Funktion eines Kleidungsstücks verbessern, aber andererseits das Recycling sehr erschweren und kostensteigernd auf den Recyclingprozess wirken. Zwar existieren technische Lösungen zur Entfernung der Störstoffe und auch zum Trennen der verschiedenen Lagen und Fasern, doch sind diese wirtschaftlich noch nicht tragfähig.

Hier setzt das Konzept des *Design for Circularity* (DfC) an. Es verfolgt den Ansatz, Produktgestaltung als integralen Bestandteil eines umfassenden Lebenszyklusmanagements zu begreifen. Dabei werden sämtliche Phasen, von der Materialauswahl über die Nutzung bis hin zur End-of-Life (EoL) Behandlung, sowie die ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeitsdimension berücksichtigt. DfC umfasst eine Reihe von Gestaltungsstrategien, die in ihrer Gesamtheit darauf abzielen, Produktlebenszyklen zu verlängern und eine hochwertige Wiederverwendung durch Reparatur, Weiterverarbeitung oder Recycling zu ermöglichen. So kann z. B. durch Verwendung langlebiger Materialien und eines zeitlosen Stils eine lange Haltbarkeit gefördert werden (*Design for Longevity*) oder es wird bei der Gestaltung der Produkte direkt die Secondhandnutzung und Rücknahme (*Design for Reuse*) bzw. die Reparatur (*Design for Repair*) mitgedacht (vgl. ETC/WMGE 2021, S.34f). Bezogen auf eine Kreislaufwirtschaft sind das wichtige Ansätze, weil durch die Verlängerung der Lebensdauer der Textilien die Zirkulation der Materialien innerhalb des Kreislaufsystems verlangsamt werden und weniger neue Materialien in den Kreislauf gelangen, wodurch die Ressourcennutzung optimiert wird (vgl. Circle Economy 2024, S. 20).

In Bezug auf Textilrecycling ist v. a. der Ansatz des *Design for Recycling* relevant. Textilien sollen von Beginn an so entwickelt werden, dass sie am Ende ihrer Nutzenphase effizient recycelbar sind und zu konsistenten, hochwertigen und verlässlichen Recycling-Inputströmen führen. Entscheidend dafür sind sortenreine Materialströme aus Monomaterialien, die gut recycelt werden können und der Verzicht auf schwer trennbare Mischgewebe und Störstoffe (vgl. Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 94). Des Weiteren sollten bei der Produktion nur recyclingfähige Farbstoffe und Additive eingesetzt werden und die Produkte sollten Informationen zu den eingesetzten Materialien als auch zu den Chemikalien enthalten (vgl. ETC/CE 2022, S. 38). Zudem sollte auch an ein *Design for Disassembly* (DfD) gedacht werden, damit ein Textil aus mehreren Komponenten leicht in seine einzelnen Bestandteile getrennt werden kann. Dies wäre z.B. im Bereich der

Smart Textiles sinnvoll, die elektronische Komponenten beinhalten. Ansätze zur Umsetzung eines DfD sind beispielsweise Entwicklungen, die sich mit lösbaren Nähte oder leicht entfernbaren Komponenten wie z. B. Reißverschlüssen auseinandersetzen.

Regulatorisch setzt die EU mit der geplanten Ökodesignverordnung für das Design for Recycling eine wichtige Leitplanke. Auch wenn detaillierte Anforderungen für Textilien noch ausstehen, wird damit ein verbindlicher Rahmen geschaffen, der langfristig die Marktdurchdringung von recycelfähigen Textilien unterstützen kann. Für die Industrie bedeutet dies hingegen, dass bereits jetzt Pilotprojekte und Innovationsinitiativen nötig sind, um sich auf künftige Anforderungen einzustellen und Erfahrungen mit recyclinggerechtem Produktdesign zu sammeln. Das Bündnis für nachhaltige Textilien (BNT) initiierte z. B. ein solches Pilotprojekt (*Implementing Circularity in the Textiles Industry*). Mehrere Bekleidungsunternehmen, darunter Otto und Tchibo, testeten darin die Entwicklung kreislauffähiger Bekleidung an, wobei v.a. beim Digitalen Produktpass und der Rückführungslogistik Herausforderungen festgestellt wurden (vgl. BNT 2025).

Perspektivisch ist ein kultureller Wandel hin zu einer stärkeren Wertschätzung von Bekleidung erforderlich. Insbesondere im Globalen Norden wird Kleidung oftmals nicht mehr als werterhaltendes Gut, sondern als kurzlebige Verbrauchsware wahrgenommen. Die Nutzungskultur spielt im Umdenken für mehr Wertschätzung eine zentrale Rolle. Studien betonen, dass neben einer physischen auch eine emotionale Haltbarkeit von Produkten notwendig ist, um eine längere Nutzungsdauer zu erreichen (vgl. ETC/CE 2022, S.32). Über Konzepte wie *Design for Attachment* können in den Bekleidungsentwurf Gestaltungselemente integriert werden, die eine lange Nutzung auf Grund emotionaler Bindung fördern. Dazu gehören z. B. Personalisierungsmöglichkeiten wie eingestickte Initialen, eine maßgeschneiderte Passformen oder ein kundenspezifisches Design. Solche Ansätze können dazu beitragen, den Wert von Bekleidung subjektiv zu steigern und Entsorgungsentscheidungen hinauszuzögern. Daneben sind auch Pflegehinweise ein relevanter Aspekt, der von den Unternehmen besser kommuniziert werden sollte. Klare und verständliche Informationen zur sachgemäßen Reinigung und Instandhaltung von Textilien können deren Wiederverwendung und das Recycling erleichtern.

5.2 Verfahrensbezogene Weiterentwicklungen im Textilrecycling

Weiterentwicklungen im Bereich der Sammlung und Sortierung sollen die Alttextilströme besser identifizierbar und koordinierbar machen sowie die Inputströme qualitativ verbessern. Eine Weiterentwicklung im Bereich der Sortierung ist das tracerbasierte Sortieren (TBS). Hier werden zwei Klassen unterschieden: forensische Tracer und additive Tracer

(Crowley, Rademan & Tan 2022, S. 10). Für das Textilrecycling sind die additiven Tracer relevant, bei dem winzige, meist fluoreszenzbasierte Marker bereits bei der Rezyklatherstellung in das Material eingebracht werden, um Textilien später identifizierbar und rückverfolgbar zu machen (vgl. Tailorlux 2024). Die Tracerfaser von Tailorlux basiert bspw. auf Polypropylen, Polyamid oder Viskose und ist mit einem Tracerpigment angereichert, dass sich mit Handspektrometern auslesen lässt (vgl. ebd.). Additive Tracer können bereits bei der Faserproduktion appliziert werden und bleiben die gesamte Wertschöpfungskette erhalten (vgl. Crowley et al. 2022, S. 33ff.). Das prädestiniert sie für automatisierte Sortierzentren und die Inputmaterialverifizierung von Rezyklaten. Beispielsweise nutzt Soorty in Pakistan diese Technologie, um die Rückverfolgbarkeit der eigenen Denim-Rezyklatfasern mit Hilfe von additiven DNA-Tracern zu gewährleisten. Die forensischen Tracer hingegen analysieren die biochemische Zusammensetzung von Fasern durch Mikropartikelanalyse von Isotopenverhältnissen, DNA-Strukturen und Elementarverbindungen (Crowley et al. 2022, S. 18). Sie werden vorwiegend für Herkunftsnachweise von Natur- und Tierfasern eingesetzt, müssen im Labor ausgewertet werden und sind weniger für EoL-Prozesse gedacht (Crowley et al. 2022, S. 7, S. 10).

Neben der Rückverfolgbarkeit stehen auch die Optimierung der Sammelrouten und eine effiziente Steuerung der Abfallströme im Zentrum von Weiterentwicklungen. Mit Hilfe von Big-Data-Analysen können z. B. Angebot und Nachfrage von Rezyklaten besser abgeglichen werden (vgl. Tang 2023, S. 457). Zudem ermöglichen Blockchainsysteme, wie z. B. Smart Contracts, Transaktionen und Materialbewegungen chronologisch und unveränderbar und für alle Akteure sichtbar zu dokumentieren, so dass Herkunft, Eigentumsverhältnisse, Recyclingwege und -verfahren fälschungssicher nachgewiesen werden können (vgl. Furferi et al., 2022, S. 10f.).

Beim Verfahren des mechanischen Textilrecyclings zielen Weiterentwicklungen v. a. darauf ab, die Behandlung schonender zu gestalten, um Fasern von gleichwertiger Qualität wie Frischfasern zu erzeugen. Ziel ist es, die Faserlänge und -struktur weniger zu beanspruchen. Ein Beispiel hierfür ist das Unternehmen Purfi, das mit einem „soften mechanischen Recyclingverfahren“ von Baumwolle arbeitet (Purfi 2024). Durch bis zu zehnfach verlängerte Produktionslinien kann ein deutlich schonenderes Öffnen der Textilien gewährleistet werden und durch die geringere Materialschädigung können so auch Textilien aus 100 % Recyclingfasern hergestellt werden (ebd.).

Bei dem chemischen Textilrecycling beschäftigen sich Weiterentwicklungen mit der industriellen Skalierung der Depolymerisation, damit diese Technologie zukünftig

großflächig eingesetzt werden kann (vgl. Systemiq 2025, S. 6). Aktuell findet chemisches TR vorwiegend in Pilotanlagen statt, wobei die ersten industriellen Anlagen u. a. in Canada und Japan 2025 fertiggestellt werden sollen (vgl. Stubbe et al. 2024, S. 13). Andererseits stehen Weiterentwicklungen im Fokus, die den hohen Energie- und Chemikalieneinsatz reduzieren sollen. Dazu gehört die Entwicklung leistungsfähiger, umweltfreundlicher Katalysatoren und nachhaltiger Lösungsmittel, die eine Rückgewinnung erleichtern, sowie Verfahren, die unter milderen Temperatur- und Druckbedingungen ablaufen können (vgl. Kim & Lee 2025, S. 1456f.).

Durch den hohen Ressourceneinsatz für chemisches Recycling rücken zudem biochemische Verfahren vermehrt in den Fokus. Eine zentrale Weiterentwicklung ist z. B. der enzymatische Abbau von Polycotton, bei dem die Baumwollanteile mit Cellulasen zu Glucose hydrolysiert werden, während die Polyesterfasern intakt bleiben und wieder für textile Anwendungen aufbereitet werden können (Stubbe et al. 2024, S. 11). Die entstehende Glucose kann in der chemischen Industrie als Ausgangsstoff für Biokunststoffe oder Tenside eingesetzt werden.

Erste Recyclingansätze gibt es auch für Störstoffe: So können etwa Kunststoffkleinteile wie Knöpfe und Reißverschlüsse mit Harzen vermischt in einem Downcycling zu Isolationsmaterial verarbeitet werden (vgl. Tischberger-Aldrian et al. 2023, S. 75).

5.3 Orte für Weiterentwicklungen

Angesichts der weltweit wachsenden Mengen an textilen Abfällen ist es erforderlich Lösungsansätze global zu verfolgen und Investitionen in das Recyclingsystem auch mit der Suche nach strategisch geeigneten Standorten zu verknüpfen. Bisher ist das System stark fragmentiert: Die Akteure agieren isoliert, haben wenig Einblicke in vor- und nachgelagerte Prozesse oder können diese mitbestimmen (vgl. Burini et al. 2025, S. 515). Es fehlt an Transparenz, Rückverfolgbarkeit und Dialog. Die Folgen sind wirtschaftliche Verluste durch die hohen Transportaufwendungen und intransparenten Materialströme. Plattformen wie Reverse Resources oder Refashion versuchen hier anzusetzen und die Vernetzung von Abfalllieferanten, Sortierern, Recyclern und Produzenten zu ermöglichen. Sie sollen dabei helfen Verantwortungsstrukturen zu schaffen und die Synchronisierung von Angebot und Nachfrage im globalen Maßstab erleichtern (vgl. Stubbe et al. 2024, S. 22f.).

Aktuell gibt es eine Missverhältnis zwischen den Orten der Abfallerzeugung/ -sammlung und den Orten der Textilproduktion: Die Rohstoffe für das Textilrecycling, die Post-

Consumer-Abfälle, befinden sich vorwiegend in Europa und Nordamerika, während recycelte Textilfasern vorwiegend in Asien benötigt werden, wo fast die gesamte Textilproduktion stattfindet. Eine globale Lösung für Textilrecycling muss daher auf mehreren Ebenen gleichzeitig ansetzen. Burini et al. (2025, S. 508) unterscheiden hierbei vier grundlegende Konfigurationslogiken: (i) vollständig lokale Systeme mit ökologischen Vorteilen, niedrigen Transportkosten, aber begrenzter Skalierbarkeit; (ii) regionale Recyclingzentren mit lokaler Sammlung, Sortierung und Wiederverwertung, aber globalem Recycling; (iii) Massengenerationszonen, die Sortierung, Recycling und Weiterverarbeitung an Produktionsstandorten konzentrieren, wobei die Sammlung dezentral abläuft; sowie (iv) vollständig globale Strukturen, die zwar kosteneffizient, jedoch mit Risiken für Transparenz, Umweltwirkungen und ethische Standards verbunden sind. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass die Wahl der Konfiguration durch ein Spannungsfeld ökonomischer, ökologischer, sozialer und operationeller Faktoren bestimmt wird. Die Lösung liegt in hybriden Modelle, die lokale und globale Elemente kombinieren, um Effizienz, Nachhaltigkeit und soziale Aspekte auszubalancieren (Burini et al. 2025, S. 514). Eine lokale Lösung wäre z. B. für das Sammeln, Sortieren und Recycling von postindustriellen Abfällen sinnvoll, da diese direkt in den Produktionsländern anfallen. Durch eine entsprechender Skalierung der Recyclingkapazitäten in diesen Ländern könnten dadurch zudem sozioökonomische Chancen in Form von Investitionen, Beschäftigung und Technologietransfer entstehen. Aber ebenso notwendig erscheint der Aufbau von regionalen Recyclingzentren in Europa, um Exporte von Alttextilien über lange Distanzen zu vermeiden und eine eigene verlässliche Versorgung mit Sekundärrohstoffen sicherzustellen. Lokale Lösungen bieten ökologische Vorteile, Versorgungssicherheit und stärken die Wettbewerbsfähigkeit der Region. Außerdem tragen sie dazu bei, Abhängigkeiten von Importen zu verringern und fördern die technologische Weiterentwicklung. Gleichzeitig ist jedoch noch keine ausgereifte Recyclinginfrastruktur vorhanden um innerhalb einer Region vollständigen Recyclingkapazitäten für Baumwolle, Polyester, Wolle und Nylon zu finden. Oft sind einzelne Regionen auf einzelne Faserarten spezialisiert, wodurch auch globale Ansätze weiterhin benötigt werden.

Die Entwicklung zukünftiger Recyclingstandorte wird zudem auch durch gesetzliche Rahmenbedingungen wie der EPR, der Abfallverbringungsverordnung und dem Digitalen Produktpass beeinflusst werden (vgl. Burini et al. 2025, S. 517).

6 Schlussfolgerung und weiterer Forschungsbedarf

Die vorliegende Masterarbeit hat die Bedeutung geschlossener textiler Recyclingkreisläufe für die Bekleidungsindustrie untersucht. Dabei wurde im zweiten Kapitel ein umfassendes Bild der Ausgangssituation geschildert, die Ursachen textiler Abfallaufkommen erklärt und die Notwendigkeit des Textilrecyclings erläutert. Neben dem regulatorischen Vorgaben behandelte das dritte Kapitel die verschiedenen Stufen des Textilrecyclingprozesses, wodurch in ersten Zügen sichtbar wurde, dass sich die Textilrecyclingbranche weltweit noch mit erheblichen strukturellen und technologischen Herausforderungen konfrontiert sieht. Vor allem die vorgelagerten Prozessschritte der Sammlung und Sortierung, die auch mit kostenintensiven Aufwendungen für Transport und Logistik einhergehen, erweisen sich gegenwärtig noch als Herausforderung, da sie wirtschaftlich kaum tragfähig sind und inkonsistente Inputströme erzeugen. Ebenso fehlen automatisierte Sortier- und Recyclinganlagen im industriellen Maßstab, welche in der Lage sind große Mengen an gemischten Alttextilien zu verarbeiten. Aktuell ist das Angebot an Recyclingfasern auf dem Markt zu gering, die Kosten der Produktion zu hoch und die Qualität nicht gleichbleibend gut, wodurch die Bekleidungsunternehmen zögern, recycelte Fasern einzusetzen und sie umfassend in ihr Geschäftskonzept zu integrieren.

Die Analyse textiler Recyclingstrukturen in Ghana, Vietnam, Pakistan und Italien verdeutlichte zudem die globale Relevanz des Themas. Sie zeigte einerseits, dass die Branche kontinuierlich neue Entwicklungen durchlebt und Fortschritte macht, wie z. B. in Vietnam und Pakistan sichtbar wurde. Andererseits werden umfassende Investitionen und international vereinbarte Standards benötigt, um Textilrecycling fest in der Textilindustrie zu verankern und es als Lösung für die Ressourcennachfrage zu begreifen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen lassen sich zudem zentrale Schlussfolgerungen ableiten, die nicht nur die Bedeutung des Textilrecyclings unterstreichen, sondern auch auf bestehende Lücken und Defizite hinweisen. So bedeutet Textilrecycling in der heutigen Zeit vor allem gemischte Alttextilien in Downcyclingprozessen zu minderwertigeren Produkten wie Füllmaterialien oder Vliesstoffen für die Industrie zu verarbeiten. Echtes T2T-Recycling findet aktuell kaum statt, u. a. weil die Marktbedingungen dies verhindern. Die externalisierten Kosten der Frischfasern führen zu einer Marktverzerrung, in der recycelte Fasern teurer sind als Frischfasern und daher nicht eingekauft werden. Auch hier sollte das Instrument einer umfassenden, globalen EPR mit Ökomodulation ansetzen.

Die Arbeit betonte zudem die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtung. Aktuell gibt es keine universelle Lösung, um die wachsenden Mengen an Textilabfällen und

Altkleidern wirtschaftlich sinnvoll und ökologisch und sozial tragfähig zu verarbeiten. Vielmehr sind die Unterschiede der Regionen sowie ihre Recyclingstrukturen und -kapazitäten genau zu analysieren, um die jeweils angemessene Entwicklungsoption zu finden. Am Beispiel Ghana zeigt sich beispielsweise, dass angesichts der enormen Zuflüsse an Alttextilien Downcyclinglösungen oder thermochemisches Recycling kurzfristig wirksamer, schneller realisierbar und damit sinnvoller sind als Investitionen in den Aufbau von F2F-Recyclinganlagen. Pakistan hingegen sollte in F2F-Textilrecycling investieren und einen stärkenden Fokus auf ökologische und soziale Verbesserungen legen, weil es durch das Potential seiner vollständigen textilen Wertschöpfungskette zukünftig einen wichtigen Beitrag zu kreislauffähiger Bekleidung und Textilrecycling leisten kann. Vietnam hat dieses Potential bereits erkannt. Grünes Wachstum wird von der Regierung gefördert und das Interesse ausländischer Investoren ist vorhanden. Am Beispiel der Textilrecyclingindustrie in Prato wurde insbesondere durch die historische Analyse deutlich, dass kontinuierliche Restrukturierungen und Investitionen, sowie gute soziale Verbindungen erforderlich sind, um führende Marktpositionen halten zu können.

Während der Ausarbeitung wurde zudem deutlich, wie bedeutend recyclingfähiges Design ist, wobei Monomaterialität die wichtigste Voraussetzung darstellt. Durch sie kann sowohl die Effizienz der Sortierung als auch die Qualität des Rezyklats erheblich gesteigert werden. Es bedarf außerdem weiterer, anwendungsnaher Forschung, um Verfahren zu optimieren und Innovationen für Mischtextilien voranzutreiben sowie die gesellschaftlichen und ökologischen Auswirkungen des Textilrecyclings umfassend zu evaluieren. Dabei lassen sich verschiedene Themenfelder identifizieren: Genaue Mengenanalysen zur globalen Bekleidungsproduktion und den daraus entstehenden Alttextilströmen werden benötigt, um das intransparente System der globalen Stoffströme einschließlich Import-, Export- und Reexportbewegungen besser zu verstehen. Zudem braucht es umfassende Lebenszyklusanalysen zu den verschiedenen Textilrecyclingverfahren, um den Ressourceneinsatz und die Auswirkungen auf die Dimensionen der Nachhaltigkeit besser einschätzen zu können. Dabei sind v.a. die chemischen Verfahren genauer auf mögliche Trade-offs zu analysieren. Auch benötigt es Forschung, welche die Vorteile der jeweiligen Verfahren miteinander verbindet und integrierte Ansätze und Kombinationen entwickelt, um durch Synergien eine bessere Ressourcennutzung zu ermöglichen.

Damit aus textilen Abfallströmen Wertschöpfung generiert werden kann und Textilrecycling sein transformierendes Potenzial für die Branche richtig entfaltet, sind noch einige ökonomische, rechtliche und kulturelle Hindernisse zu überwinden. Bisher ist nicht absehbar, ob dies vollumfänglich gelingen wird.

Literaturverzeichnis

- Abou-Chakra, K., Archipov, K., Berkovitz, S., Perry, E., & Spellenberg, R. (2024): Examining cut-and-sew textile waste within the apparel supply chain. Bren School of Environmental Science & Management, University of California, Santa Barbara. Abgerufen am 18. August 2025 von <https://bren.ucsb.edu/sites/default/files/2024-04/Examining%20Cut-and-Sew%20Textile%20Waste%20within%20the%20Apparel%20Supply%20Chain%204.10.24.pdf>
- Agra, F. E., Gbadegbe, R. S., Amankwa, J. , & Gbetodeme, S. (2015): The impact of the use of second-hand clothing on the garment and textile industries in Ghana: A case study of the Ho Municipality. In *Research on Humanities and Social Sciences*, 5(21), S. 37–48.
- Ahiabile, K., & Triki, C. (2021): Tackling Ghana's textile-waste challenge. Tony Blair Institute for Global Change. Abgerufen am 18. August 2025 von <https://institute.global/advisory/tackling-ghanas-textile-waste-challenge>
- Anker Research Institute (2025): The Kantamanto fire: A devastating blow to Ghana's informal economy and the global secondhand clothing trade. Anker Research Institute. Abgerufen am 18. August 2025 von <https://www.ankerresearchinstitute.org/ari-news/the-kantamanto-fire-a-devastating-blow-to-ghanas-informal-economy-and-the-global-secondhand-clothing-trade>
- Ayesu, S. M., Acquaye, R., Howard, E. K., & Asinyo, B. K. (2023): Promotion and preservation of indigenous textiles and culture in Ghana. In *East African Journal of Education and Social Sciences*, 4(1), S. 15–29.
<https://doi.org/10.46606/eajess2023v04i01.0252>
- Baisie, S. (2024): Obroni Wawu October 2024: Ghana's thrift & upcycling festival receives massive turnout. GBC Ghana. Abgerufen am 18. August 2025 von <https://www.gbcghanaonline.com/entertainment/obroni-wawu-october/2024/>
- Batool, S. R., Hussain, M. und Nawab, Y. (2025): Comprehensive overview of the Pakistan textile waste industry. National Textile University & Reverse Resources.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26550.82242>
- Bellandi, M., & Santini, E. (2018): Territorial servitization and new local productive configurations: The case of the textile industrial district of Prato. In *Regional Studies*, 53(3), S. 356–365. <https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1474193>
- Bernet, R. P. (2025): Ghana – Vom Textilabfall zum Designprodukt. In *Reportagen*, Ausgabe #82. Reportagen Verlag.
- Besser, L. (2021): Dead white man's clothes: How fast fashion is turning parts of Ghana into toxic landfill. ABC News. Abgerufen am 18. August 2025 von <https://www.abc.net.au/news/2021-08-12/fast-fashion-turning-parts-ghana-into-toxic-landfill/100358702>

Borsacchi L., Barberis V., & Pinelli, P. (2018): Circular economy and industrial symbiosis: The role of the municipality of Prato within the EU Urban Agenda partnership. ISDRS conference 2018, 269 Messina, S. 716–722. Abgerufen am 03. September 2025 von <https://www.arcolab.org/wordpress/wp-content/uploads/2019/07/ISDRS18EconomiaCircolare.pdf>

Borsacchi, L., Tacconi, D., & Pinelli, P. (2021): „Prato Circular City“: An integrated strategy to accelerate the circular urban transition through innovation, regeneration, cohesion. ISDRS conference 2021, Mid Sweden University. Abgerufen am 03. September 2025 von <https://flore.unifi.it/bitstream/2158/1259320/2/Borsacchi%20Pinelli%20Tacconi.pdf>

Bressanelli, G., Visintin, F., & Saccani, N. (2021): Circular Economy and the evolution of industrial districts: a supply chain perspective. International Journal of Production Economics, 243, 108348. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108348>

Bressanelli, G., Nesi, C., Saccani, N., & Visintin, F. (2022b): Circular Economy in the Textile Industry: Evidence from the Prato District. In Role of Circular Economy in Resource Sustainability (Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management), S. 123–131. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90217-9_11

Bui, T.-D., Nguyen, T. T. V., Wu, K.-J., Lim, M. K., & Tseng, M.-L. (2024): Green manufacturing performance improvement under uncertainties: An interrelationship hierarchical model. In International Journal of Production Economics, 268, 109117. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.109117>

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) (2024): Umweltschutz und Kreislaufwirtschaft in der Textilwirtschaft. Abgerufen am 03. September 2025 von <https://www.bmz.de/de/themen/textilwirtschaft/umweltschutz-und-kreislaufwirtschaft-215190>

Bündnis für nachhaltige Textilien (BNT) (2019): Existenzsichernde Löhne: Praktische Ansätze für Unternehmen. Leitfaden. Berlin.

Bündnis für nachhaltige Textilien (BNT) (2020): Risiken ermitteln und priorisieren. Bonn.

Campbell, C. (2025): The race to upcycle Africa's fast fashion dumping ground. TIME. Abgerufen am 03. September 2025 von <https://time.com/7307662/ghana-africa-fast-fashion-waste-pollution/>

Charnley, F., Cherrington, R., Mueller, F., Jain, A., Nelson, C., Wendland, S., & Ventosa, S. (2024): Retaining product value in post-consumer textiles: How to scale a closed-loop system. In Resources, Conservation & Recycling, 205, 107542. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107542>

Circle Economy (2024): The Circularity Gap Report | Textiles. Abgerufen am 03. September 2025 von <https://cgr-reports.s3.eu-west-1.amazonaws.com/cgr-textiles-3a1e7a73/Circularity+Gap+Report+Textiles+-+20241129.pdf>

Comune di Prato (2025): Prato Textile District - about us. Prisma Prato. Abgerufen am 03. September 2025 von <https://www.prismaprato.it/en/Prato-Textile-District/pagina8138.html>

Crowley, J., Rademan, K., & Tan, E. (2022): The textile tracer assessment: An analysis and user guide for physical tracer technologies in the textile industry. Fashion for Good & Textile Exchange. Abgerufen am 03. September 2025 von <https://www.fashionforgood.com/wp-content/uploads/2024/11/The-Textile-Tracer-Assessment-1.pdf>

Echeverria, C. A., Handoko, W., Pahlevani, F., & Sahajwalla, V. (2019): Cascading use of textile waste for the advancement of fibre reinforced composites for building applications. In Journal of Cleaner Production, 208, S. 1524-1536. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.227>

De Burgt, M., van 't Zelfde, J., Ooms, J., Tobé, W., Zandbergen, B., & Kort, M. (2023): Performance requirements for textiles: Input on EU sustainable design criteria for textiles. Netherlands Ministry of Infrastructure and Water Management. Abgerufen am 03. September 2025 von <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2023/09/26/bijlage-eindrapport-onderzoek-designeisen-textiel>

Del Bianco, C. (2024): Generating modern heritage through changing urban environments and identities: A case study from Prato's (Italy) industrial district, history, and multiculturalism in a polycentric urban setting. In The Museum Journal, 67(1), S. 309–328. <https://doi.org/10.1111/cura.12591>

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (2022): Pakistan's textile industry: Prospects for sustainable textile recycling and circular economy. Islamabad: GIZ.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (2024): Used textiles at Kantamanto market: An analysis of the economic, social and environmental impacts. Bonn: GIZ

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (2025): Pre-consumer textile waste recycling in Viet Nam: Mapping the ecosystem of the textile waste value chain in Viet Nam for the transition to closed-loop textile-to-textile recycling. Hanoi: GIZ.

Duhoux, T., Maes, E., Hirschnitz-Garbers, M., Peeters, K., Asscherickx, L., Christis, M., Stubbe, B., Colignon, P., Hinzmann, M., & Sachdeva, A. (2021): Study on the technical, regulatory, economic and environmental effectiveness of textile fibres recycling. European Commission: Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, final report, Publications Office. <https://doi.org/10.2873/828412>

Environmental Coalition on Standards (ECOS) & European Environmental Bureau (EEB) (2025): Redefining used textiles and textile waste. End-of-waste criteria for reuse and a global EPR scheme (Joint position). Brussels. Abgerufen am 04. August 2025 von <https://eeb.org/wp-content/uploads/2025/05/ECOS-and-EEB-position-on-End-of-Waste-criteria-for-reuse-textiles-final.pdf>

Ellen MacArthur Foundation (2017): A new textiles economy: Redesigning fashion's future. Abgerufen am 01. Juli 2025 von <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>

Ellen MacArthur Foundation (2021): Circular business models: redefining growth for a thriving fashion industry. Abgerufen am 01. Juli 2025 von <https://content.ellen-macarthurfoundation.org/m/60926fc64dbab81d/original/Circular-business-models.pdf>

EuRIC Textiles (2024): Crisis in Europe's textiles sorting and recycling sector could trigger a domino effect. Press Release. Abgerufen am 04. August 2025 von https://eu-ric.org/images/Press-releases/Statements/EuRIC_MWE_Joint_Statement_-_Textile_crisis_domino_effect_20241021.pdf

European Commission (2025): Commission receives first requests from non-OECD countries for inclusion on list of countries eligible to import non-hazardous waste from EU. Abgerufen am 15. August 2025 von https://environment.ec.europa.eu/news/first-non-oecd-countries-request-eligibility-import-non-hazardous-eu-waste-2025-02-24_en

European Commission (o. J. a): GIDA Purification Plant: PPP providing high-quality water for the textile industry while limiting water consumption. Abgerufen am 15. August 2025 von <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/gida-purification-plant-ppp-providing-high-quality-water-textile-industry-while-limiting-water-consumption>

European Commission (o. J. b): Siptex: Pioneering textile sorting for increased circularity. Abgerufen am 15. August 2025 von https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/reset-trend/get-inspired-stories-change/siptex-pioneering-textile-sorting-increased-circularity_en

European Commission (o. J. c): Waste shipments. Abgerufen am 15. August 2025 von https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-shipments_en#plastic-waste-export-rules

European Environment Agency (EEA) (2014): Environmental indicator report 2014: Environmental impacts of production-consumption systems in Europe (EEA Report No 5/2014). Publications Office of the European Union.

European Parliament (2020): Umweltauswirkungen von Textilproduktion und -abfällen (Infografik). Abgerufen am 15. August 2025 von <https://www.europarl.europa.eu/to-pics/de/article/20201208STO93327/umweltauswirkungen-von-textilproduktion-und-ab-fallen-infografik>

European Parliament (2023): Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle.

European Parliament (2024): Report on the proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2008/98/EC on waste. Abgerufen am 15. August 2025 von https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2024-0055_EN.html

European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use (ETC/CE) (2022): Textiles and the Environment. The role of design in Europe's circular economy. ETC/CE Report 2022/2. European Environment Agency.

European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use (ETC/CE) (2023a): EU exports of used textiles in Europe's circular economy. ETC/CE Report 2023/4. European Environment Agency.

European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use (ETC/CE) (2023b): The role of bio-based textile fibres in a circular and sustainable textiles system. ETC/CE Report 2023/5. European Environment Agency.

European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use (ETC/CE) (2024a): Volumes and destruction of returned and unsold textiles in Europe's circular economy. ETC/CE Report 2024/4. European Environment Agency.

European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use (ETC/CE) (2024b): Textile waste management in Europe's circular economy. ETC/CE Report 2024/5. European Environment Agency.

European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use (ETC/CE) (2025b): Measuring Europe's textiles circularity – through the lenses of the EEA Circularity Metrics Lab. ETC/CE Report 2025/7. European Environment Agency.

European Topic Centre on Circular Economy and Resource Use (ETC/CE) (2025a): Textiles and the environment – The role of digital technologies in Europe's circular economy. ETC/CE Report 2025/6. European Environment Agency.

European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy (ETC/WMGE) (2019): Business Models in a Circular Economy. ETC/WMGE Report 2019/6. European Environment Agency.

European Topic Centre on Waste and Materials in a Green Economy (ETC/WMGE) (2021): Business Models in a Circular Economy. ETC/WMGE Report 2021/2. European Environment Agency.

European Union (2011): Verordnung (EU) Nr. 1007/2011 des europäischen Parlaments und des Rates vom 27. September 2011 über die Bezeichnungen von Textilfasern und die damit zusammenhängende Etikettierung und Kennzeichnung der Faserzusammensetzung von Textilerzeugnissen und zur Aufhebung der Richtlinie 73/44/EWG des Rates und der Richtlinien 96/73/EG und 2008/121/EG des Europäischen Parlaments und des Rates.

European Union (2017): China waste import ban. Trade barriers. Access2Markets. Abgerufen am 28. August 2025 von https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/barriers/details?isSps=false&barrier_id=12962

European Union (2024): Verordnung (EU) 2024/1781 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte, zur Änderung der Richtlinie (EU) 2020/1828 und der Verordnung (EU) 2023/1542 und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/125/EG.

Fahmy, A. E., Mohammed, M. A., Ahmed, E., & Hassabo, A. G. (2025): Recycling and Sustainability Innovations in the Textile Industry. In Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science, 22(Special Issue), S. 45 -52.
<https://doi.org/10.21608/jtcps.2024.259259.1300>

Adler, M. & Vellanki, D. (2024): Sorting for Circularity USA. A commercial assessment of fibre to fibre recycling in the U.S. Fashion for Good & Resource Recycling Systems. Abgerufen am 01. Juli 2025 von <https://www.fashionforgood.com/case-study/sorting-for-circularity-usa/>

Fortune Business Insights (FBI) (2025): Apparel market size, share & growth, 2024–2032. Report ID: FBI110718. Fortune Business Insights. Abgerufen am 02. Juli 2025 von <https://www.fortunebusinessinsights.com/apparel-market-110718>

Friedman, A. (2017): Used-Clothing Trade Causes Contention Between US And East African Nations, Afr. Growth & Opportunity Act. Abgerufen am 02. August 2025 von <https://agoa.info/news/article/15277-used-clothing-trade-causes-contention-between-us-and-east-african-nations.html>

Furferi, R., Volpe, Y., Mantellassi, F. (2022): Circular economy guidelines for the textile industry. In Sustainability, 14(17), 11111. <https://doi.org/10.3390/su141711111>

Glasper, M. J.; Picerno, G.; Tausif, M.; Russell, S. J. (2024): Closed loop mechanical recyclability of post-consumer waste wool fabrics based on fibre length retention. In Cleaner Engineering and Technology, 22, 100796. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100796>

Global Market Insights (GMI) (2025): Second-Hand Fashion Market Size & Share Report, 2034. Global Market Insights. Abgerufen am 15. Juni 2025 von <https://www.gminsights.com/industry-analysis/second-hand-fashion-market>

Goto, K. (2023): Viet Nam's textile and garment industry in the global value chain. In F. Kimura et al. (Hrsg.), Viet Nam 2045: Development issues and challenges, S. 337–358. Jakarta: ERIA.

Gözet, B., & Wilts, H. (2022): Die Kreislaufwirtschaft als neues Narrativ für die Textilindustrie. Eine Analyse der textilen Wertschöpfungskette mit Blick auf Deutschlands Chancen einer kreislaufwirtschaftlichen Transformation (Zukunftsimpuls Nr. 23). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

Grand View Research (GVR) (2025a): Apparel Market Size & Forecast Value Report By Category (Mass, Premium, Luxury), By End Use, By Distribution Channel, By Region and Segment Forecasts, 2025 - 2030. Abgerufen am 15. Juni 2025 von <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/apparel-market-report>

Grand View Research (GVR) (2025b): Raw Material - Textile Market, 2024 – 2033. Abgerufen am 15. Juni 2025 von <https://www.grandviewresearch.com/horizon/statistics/textile-market/raw-material/global>

Grand View Research (GVR) (2025c): Textile Recycling Market Size, Share & Trends Analysis Report By Material (Cotton, Polyester, Wool, Polyamide), By Source (Apparel Waste, Home Furnishing Waste), By Process (Mechanical, Chemical), By Region, And Segment Forecasts, 2025 – 2033. Abgerufen am 15. Juni 2025 von <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/apparel-market-report>

Guerrini, A., Romano, G., Ferretti, S., Fibbi, D., & Daddi, D. (2016): A Performance Measurement Tool Leading Wastewater Treatment Plants toward Economic Efficiency and Sustainability. In Sustainability, 8(12), 1250. <https://doi.org/10.3390/su8121250>.

H&M (o. J.): Kleidersammlung bei H&M. Abgerufen am 30. August 2025 von https://www2.hm.com/de_de/sustainability-hm/services/garment-collecting.html

International Labour Organization (ILO) (2019): Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work. Geneva: ILO.

International Labour Organization (ILO) (2022): Employment, wages and productivity trends in the Asian garment sector: Data and policy insights for the future of work. ILO.

- International Labour Organization (ILO) (2024): AIMS brief: Textile sector in Pakistan. Abgerufen am 30. August 2025 von https://www.ilo.org/sites/default/files/2024-07/AIMS_brief_textile_withDOI_REDONE_v8.pdf
- International Labour Organization (ILO) & International Finance Corporation (IFC) (2023): Better Work Viet Nam annual report 2023. Geneva: International Labour Office.
- Imsirovic, M. (2025): Zwischen Schätzung und Realität: Wie viel Mode wird wirklich pro Jahr produziert? Abgerufen am 02. Juli 2025 von <https://fashionchangers.de/zwischen-schatzung-und-realitat-wie-viel-mode-wird-wirklich-pro-jahr-produziert/>
- JEPA Africa (2025): Mitumba at a crossroads: Balancing trade, industry and sustainability in East Africa's clothing sector. Abgerufen am 02. August 2025 von <https://www.jepafrica.com/insights/97f8h8j6ppgqx118ri2z4lgksebfoc>
- Jordan, L., & Anane, M. (2025): Discarded clothes from UK brands dumped in protected Ghana wetlands. The Guardian. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://www.theguardian.com/world/2025/jun/18/discarded-clothes-from-uk-brands-dumped-in-protected-ghana-wetlands>
- Juanga-Labayen, J. P., Labayen, I. V., & Yuan, Q. (2022): A review on textile recycling practices and challenges. In Textiles, 2(1), S. 174–188. <https://doi.org/10.3390/textiles2010010>
- Kamble, Z., & Behera, B.K. (2021): Upcycling textile wastes: challenges and innovations. In Textile Progress, 53(2), S. 65-122. <https://doi.org/10.1080/00405167.2021.1986965>
- Khan, A. R. (2025): Greening the textile industry: An analysis of the policy landscape of Pakistan (Project Paper No. 2). United Nations Conference on Trade and Development.
- Kim, E. H., & Lee, H. (2025): Comprehensive Review of Textile Waste Recycling: From Origins to Innovations. In Springer (Hrsg.): Fibers and Polymers, 26, S. 1449–1464. <https://doi.org/10.1007/s12221-025-00892-6>
- Kohan Textile Journal (2025): Ghana launches PET-to-yarn clothing initiative to tackle plastic waste and boost textile industry. Abgerufen am 30. August 2025 von <https://kohantextilejournal.com/pet-yarn-ghana-transforming-plastic-waste-clothing/>
- Köhler, A., Watson, D., Trzepacz, S., Löw, C., Liu, R., Danneck, J., Konstantas, A., Donatello, S., & Faraca, G. (2021): Circular economy perspectives in the EU textile sector (EUR 30734 EN). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/858144>
- Laitala, K., Boks, C. & Klepp, I.G. (2015): Making clothing last: a design approach for reducing the environmental impacts'. In International Journal of Design, 9(2), S. 93-107.
- Lanz, I. E., Laborda, E., Chaine, C., & Blecua, M. (2024): A mapping of textile waste recycling technologies in Europe and Spain. In Textiles, 4(3), S. 359–390. <https://doi.org/10.3390/textiles4030022>
- Law Library of Congress (LLoC) (2024): Textile waste bans in selected countries. LL File No. 2024-023536. Abgerufen am 13. September 2025 von <https://tile.loc.gov/sto-orage-services/service/ll/llglrd/2024555214/2024555214.pdf>

- Lazzeretti, L., & Capone, F. (2017): The transformation of the Prato industrial district: An organisational ecology analysis of the co-evolution of Italian and Chinese firms. In *Annals of Regional Science*, 58(1), S. 135–158. <https://doi.org/10.1007/s00168-016-0790-5>
- Löw, C., Lorösch, H., & Moch, K. (2024): Textilrecycling – Status Quo und aktuelle Entwicklungen. Öko-Institut e.V.. Kurzstudie im Auftrag des NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V.
- Luptáčík, P., Schneider, H. W., Pöchlacker-Tröscher, G., & Scherk, J. (2021): Anreize für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft im Textil- und Bekleidungssektor in Österreich. Industriewissenschaftliches Institut (IWI) & Pöchlacker Innovation Consulting GmbH, im Auftrag des BMK.
- Manieson L.A., & Ferrero-Regis T. (2023): Castoff from the West, pearls in Kantamanto? A critique of second-hand clothes trade. In *Industrial Ecology*. 27(3), S. 811–821. <https://doi.org/10.1111/jiec.13238>
- Mazzoni, F. (2020): Circular economy and eco-innovation in Italian industrial clusters: Best practices from Prato textile cluster. In *Insights into Regional Development*, 2(3), S. 661–676. [https://doi.org/10.9770/IRD.2020.2.3\(4\)](https://doi.org/10.9770/IRD.2020.2.3(4))
- McKinsey & Company (2022): Scaling textile recycling in Europe: Turning waste into value. McKinsey Apparel, Fashion & Luxury Group. Abgerufen am 13. September 2025 von <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value>
- Md. Khairul Akter, M., Haq, U. N., Azad, A. K., Hassan, M. K., Montaser, F., Rajib, A. H., Khan, Md. A. H., & Uddin, M. A. (2025): Material circularity of pre-consumer textile solid waste: Learning from Bangladesh. In *PLOS Sustainability and Transformation*, 4(4), e0000168. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000168>
- Mensah, J. (2023): The Global South as a Wasteland for Global North's Fast Fashion: Ghana in Focus. In *American Journal of Biological and Environmental Statistics*, 9(3), S. 33-40. <https://doi.org/10.11648/j.ajbes.20230903.12>
- NetZeroCities (2025): (Re)made in Italy – How a centuries-old industrial district is becoming a model for Europe's circular economy . Horizon 2020 Research and Innovation Programme in support of European Union's Green Deal. Abgerufen am 25. August 2025 von <https://netzerocities.eu/2025/07/17/remade-in-italy-how-a-centuries-old-industrial-district-is-becoming-a-model-for-europes-circular-economy/>
- Niinimäki K., Peters G., Dahlbo H., Perry P., Rissanen T., & Gwilt A. (2020): The environmental price of fast fashion. *Nat Rev Earth Environ*. 2020;1(4), S. 189–200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>
- Oklp (2025): Das Vernichtungsverbot für unverkaufte Verbraucherprodukte der EU-Ökodesignverordnung. Abgerufen am 05. August 2025 von <https://oklp.de/2025/01/das-vernichtungsverbot-fuer-unverkaufte-verbraucherprodukte-der-eu-oekodesignverordnung/>
- On (2025): Cyclon: Lauf-Outfits, fürs Recycling entwickelt. In *On Deutschland*. Abgerufen am 05. Juli 2025 von <https://www.on.com/de-de/collection/cyclon>

Osei, D.B.O., & Ademtsu, J.T. (2024): Revolutionizing Textile Recycling and Upcycling Practices: A Comprehensive Exploration of Innovative Approaches for Environmental Sustainability. In *International Journal of Innovative Research and Development*, 13(4), S. 87-94. <https://doi.org/10.24940/ijird/2024/v13/i4/APR24038>

Oteng-Ababio, M. (2024): Managing solid waste for a sustainable Accra (IGC Policy Brief GHA-22103). International Growth Centre (IGC). Abgerufen am 09. September 2025 von <https://www.theigc.org/sites/default/files/2024-09/Oteng-Ababio%20Policy%20Brief%20September%202024.pdf>

Paultex Lanificio (2019): The Certification Cardato Recycled. Abgerufen am 15. Juli 2025 von <https://www.paultex.it/wp-content/uploads/2020/08/cardato-recycled.pdf>

Pham, N. H. Q., Ly, T. C., & Nguyen, V. P. (2024): The impact of the Vietnam–EU Free Trade Agreement (EVFTA) on Vietnam’s textile and garment exports. In T. L. Nguyen et al. (Hrsg.): *Economic and political aspects of EU–Asian relations*, S. 117–137. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8945-4_8

Piribauer, B., & Bartl, A. (2019): Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review. In *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 37(1), S. 27–42. <https://doi.org/10.1177/0734242X18819277>

Purfi (2024): Real Results with F-2-F Recycling. Circular Economy for Textiles and Plastics. Ostend. Abgerufen am 20. September 2025 von https://www.brand-works.it/refabrik/15_Lecture_PurFi-Concordia_KDR.pdf

Quartey, P. (2006): The textile and clothing industry in Ghana. In H. Jauch & R. Traub-Merz (Hrsg.): *The future of the textile and clothing industry in Sub-Saharan Africa*, S. 135–146. Friedrich-Ebert-Stiftung. Abgerufen am 18. August 2025 von <https://library.fes.de/pdf-files/iez/03796/10ghana.pdf>

Recover Textiles (2024). Recover opens new factory and pioneers recycling technology in Vietnam. Abgerufen am 12. September 2025 von <https://recoverfiber.com/news-room/recover-opens-factory-vietnam>

Recover Textiles (o. J.): RCotton. Abgerufen am 12. September 2025 von <https://recoverfiber.com/products/rmix>

Refashion (2023): Characterisation study of the incoming and outgoing streams from sorting facilities: Summary report. Abgerufen am 26. September 2025 von https://pro.refashion.fr/sites/default/files/rapport-etude/Overview_Characterisation_study_Refashion_2023_EN.pdf

Reinkenhoff, A.-K., & Ahlmann, T. (2023): *Secondhand – Second Thoughts? Von Strukturen, Prozessen und Akteuren im globalen Alttextilhandel*. Dachverband FairWertung e. V.

Roos, S., Jönsson, C., Posner, S., Arvidsson, R., & Svanström, M. (2019): An inventory framework for inclusion of textile chemicals in life cycle assessment. In *the International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(5), S. 838–847. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1537-6>

Reuse (2025): Waste Framework Directive and Extended Producer Responsibility schemes for textiles: Guidance for RREUSE members. Abgerufen am 26. September

2025 von https://cdn.nimbu.io/s/zx3wipv/channelentries/ysd5ya3/files/1746720410560/waste_framework_directive_faq.pdf?dvz9xs5

Safo, J. A. (2019): Welcome to Kantamanto-Accra's famous 'bend down boutique.' Abgerufen am 26. September 2025 von <https://www.graphic.com.gh/features/features/to-kantamanto-accra-s-famous-bend-down-boutique.html>

Sajdeh, R., Martinez-Pardo, C., Meyer zum Felde, A., Lange, T., Tieri, E., & Evans, E. (2025): Spinning textile waste into value. Boston Consulting Group. Abgerufen am 26. September 2025 von <https://www.bcg.com/publications/2025/spinning-textile-waste-into-value>

Šajn, N. (2022): Textiles and the environment (PE 729.405). European Parliamentary Research Service (EPRS), European Parliament. Abgerufen am 26. September 2025 von [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2022\)729405](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)729405)

Sandberg, E., & Pal, R. (2024): Exploring supply chain capabilities in textile-to-textile recycling – A European interview study. In Cleaner Logistics and Supply Chain, 11, 100152. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2024.100152>

Schubert, S. (2023): Stadt der zwei Seelen. In Frankfurter Allgemeine. Abgerufen am 26. September 2025 von <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/prato-in-der-toskana-stadt-der-italienischen-textil-industrie-18865904.html>

Seifali Abbas-Abadi, M., Tomme, B., Goshayeshi, B., Mynko, O., Wang, Y., Roy, S., Kumar, R., Baruah, B., De Clerck, K., De Meester, S., D'Hooge, D. R., & Van Geem, K. M. (2025): Advancing textile waste recycling: Challenges and opportunities across polymer and non-polymer fiber types. In Polymers, 17, 628. <https://doi.org/10.3390/polym17050628>

Solstice (o. J.): About Solstice. Abgerufen am 26. September 2025 von <https://www.solstice-project.eu/about>

Soorty. (o. J. a). About Us. Abgerufen am 26. September 2025 von <https://soorty.com/aboutus/>

Soorty. (o. J. b). Climate Action. Abgerufen am 26. September 2025 von <https://soorty.com/sustainability/environmental-impact/climate-action/>

Soorty. (o. J. c). Recycling. Abgerufen am 26. September 2025 von <https://soorty.com/aboutus/recycling/>

Statista (2024): Apparel: market data & analysis. Market Insights report. Abgerufen am 07. Juli 2025 von <https://de-statista-com.ezproxy.stadt-koeln.de/statistik/studie/id/55519/dokument/bekleidung-marktdaten-und-analyse/>

Stubbe, B.; Van Vrekhem, S.; Huysman, S.; Tilkin, R.G.; De Schrijver, I.; Vanneste, M. (2024): White Paper on Textile Fibre Recycling Technologies. In Sustainability 2024, 16, 618. <https://doi.org/10.3390/su16020618>

Systemiq (2025): The Textile Recycling Breakthrough: Why policy must lead the scale-up of polyester recycling in Europe. Abgerufen am 07. Juli 2025 von https://www.systemiq.earth/downloads/Systemiq-The_Textile_Recycling_Breakthrough-Why_policy_must_lead_the_scale-up_of_polyester_recycling_in_Europe-EN.pdf

Tailorlux (2024): Embrace traceability. Weave a brighter future for cotton. Konferenzpapier Baumwollbörse. Abgerufen am 07. September 2025 von https://baumwollboerse.de/wp-content/uploads/2024/04/ICCB24_p32-Tailorlux.pdf

Tang, K. H. D. (2023): State of the Art in Textile Waste Management: A Review. In MDPI (Hrsg.): Textiles 2023, 3, S. 454–467. <https://doi.org/10.3390/textiles3040027>

Tania, N. A. (2025): Syre and Vietnam partner to develop \$1 bn high-tech polyester recycling facility. In Textile Today. Abgerufen am 07. August 2025 von <https://www.textile-today.com.bd/syre-and-vietnam-partner-to-develop-1bn-high-tech-polyester-recycling-facility>

Technofashion. (o. J.). A Prato l'Hub del riciclo tessile. Abgerufen am 19. September 2025 von <https://www.technofashion.it/a-prato-lhub-del-riciclo-tessile/>

Texaid (o. J.): Gebrauchte Textilien – Rohstoffe für Neues. Abgerufen am 07. August 2025 von <https://www.texaid.de/de-DE/produkte-leistungen/verwertung.html>

Textile Exchange (2024): The future of synthetics. Abgerufen am 26. September 2025 von <https://2d73cea0.delivery.rocketcdn.me/app/uploads/2024/04/The-Future-of-Synthetics.pdf>

Textile Exchange (2025): Materials Market Report 2025. Abgerufen am 26. September 2025 von <https://textileexchange.org/materials-market-report-2025/>

The Or Foundation (2022): Waste landscape report: Design for decomposition. The Or Foundation. Abgerufen am 30. Juli 2025 von <https://theordev2.s3.amazonaws.com/2023-01/Waste%20Landscape%20Report%20-%20Compressed.pdf>

The Or Foundation (2024): 5 Reasons All Brands Should Disclose Their Annual Production Volumes. Abgerufen am 12. Juni 2025 von <https://stopwastecolonialism.org/speak-volumes/>

The Revival. (o. J.): Circularity Lab – The Revival. Abgerufen am 12. September 2025 von <https://www.therevival.earth/circular-lab>

Tischberger-Aldrian, A.; Stipanovic, H.; Kuhn, N.; Bäck, T.; Schwartz, D.; Koinig, G. (2024): Automatisierte Textilsortierung – Status quo, Herausforderungen und Perspektiven. In Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 76(1–2), S. 63–79. <https://doi.org/10.1007/s00506-023-01004-5>

Tran, T. B. N. & Tran, T. P. T. (2018): Vietnam's textile and garment industry: An overview. In Business & IT, 2(1), S.45–53. <https://doi.org/10.14311/bit.2018.02.05>

Trzepacz, S., Lingås, D., Asscherickx, L., Peeters, K., van Duijn, H., & Akerboom, M. (2023): LCA-based assessment of the management of European used textiles. EuRIC. Abgerufen am 20. August 2025 von https://www.kolping-textilrecycling.de/wp-content/uploads/2023/01/LCA-based-assessment-of-the-management-of-European-used-textiles_final.pdf

Unearthed (2025): UK brands found in 'fast fashion graveyard' in African protected wetlands. Greenpeace Unearthed. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://unearthed.greenpeace.org/2025/06/18/uk-brands-fashion-dumps-african-protected-wetlands>

Uniformmarket (2025): Global Apparel Industry Statistics: Market Size and Trends. Abgerufen am 20. Juni 2025 von <https://www.uniformmarket.com/statistics/global-apparel-industry-statistics>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division (2025a): UN Comtrade Database [Datenbankabfrage: Exporte 2024, HS 6309 & HS 6310, Europäische Union (EU-27), Partner: Welt]. United Nations Statistics Division. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division (2025b): UN Comtrade Database [Datenbankabfrage: Importe 2022-2024, HS 6309; alle Reporter, Partner: Welt]. United Nations Statistics Division. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division (2025c): UN Comtrade Database [Datenbankabfrage: Importe 2022-2024, HS 6310; alle Reporter, Partner: Welt]. United Nations Statistics Division. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division (2025d): UN Comtrade Database [Datenbankabfrage: Importe 2020-2024, HS 6309; Reporter: Pakistan, Partner: Welt]. United Nations Statistics Division. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division (2025e): UN Comtrade Database [Datenbankabfrage: Importe 2015-2024, HS 6309; Reporter: Ghana, Partner: Welt]. United Nations Statistics Division. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow>

United Nations Environment Programme (UNEP)(2024): Circularity and Used Textile Trade Project. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://www.unep.org/circularity-and-used-textile-trade-project-0>

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) (2025): Unwaste: Trendspotting Alert, Bulletin No. 8.. Abgerufen am 20. August 2025 von https://www.unodc.org/res/environment-climate/asia-pacific/unwaste_html/Unwaste_Trendspotting_Alert_No.8.pdf

United States Environmental Protection Agency (EPA) (2024): Textiles: Material-Specific Data. Abgerufen am 5. August 2025 von <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/textiles-material-specific-data>

van Duijn, H., Papú Carrone, N., Bakowska, O., Huang, Q., Akerboom, M., Rademan, K., & Vellanki, D. (2022): Sorting for circularity Europe: An evaluation and commercial assessment of textile waste across Europe. Fashion for Good & Circle Economy.

Victoria and Albert Museum (o. J.): Patchwork denim jacket by The Revival. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://www.vam.ac.uk/shop/fashion/clothing/patchwork-denim-jacket-by-the-revival-167002.html>

Vietnam.vn (2024): Binh Dinh begleitet die Syre Group, um das Projekt so schnell wie möglich umzusetzen. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://www.vietnam.vn/de/binh-dinh-dong-hanh-voi-tap-doan-syre-trien-khai-du-an-nhanh-nhat-co-the>

Waddington, H., & Onumah, G. (2023): Sector systems analysis of textiles and clothing subsector in Ghana. International Labour Organization. Abgerufen am 30. Juli 2025 von <https://researchrepository.ilo.org/handle/20.500.14223/1712>

Wagner, J.; Steinmetzer, S.; Theophil, L.; Strues, A.-S.; Kösegi, N.; Hoyer, S. (2022): Evaluation der Erfassung und Verwertung ausgewählter Abfallströme zur Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft, Abschlussbericht (31/2022). Umweltbundesamt.

Wang, L., Yang, J., Li, X., Liu, Y., & Zhang, Y. (2023): Emission factors and characteristics of open burning of household waste: Implications for air quality and health. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 23(14), S. 8921–8938.
<https://doi.org/10.5194/acp-23-8921-2023>

Wang, C., Zhang, X., Hu, X., Lim, M. K., Xu, Y., Chang, P.-C., & Ghadimi, P. (2025): Dynamics and drivers of global secondhand clothing trade: Implications for sustainable energy and circular economy in fashion. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 209, 115116. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115116>

Wenzel, F. & Buchenauer, C. (2024): Altkleiderkrise – Umgang mit einer Insolvenz. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://www.ggsc.de/aktuelles/newsletter/newsletter-abfall-november-2024/altkleiderkrise-umgang-mit-einer-insolvenz>

World Bank (2024): Pakistan Development Update: The Dynamics of Power Sector Distribution Reforms. Washington, DC: World Bank. Abgerufen am 20. August 2025 von <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/7008031a15959f10bde28b6c56767d59-0310062024/original/Pakistan-Development-Update-The-Dynamics-of-Power-Sector-Distribution-Reforms-Oct-24-FINAL.pdf>

World Bank (2025): World Development Indicators: GDP (current US\$) [NY.GDP.MKTP.CD]. Abgerufen am 25. September 2025 von <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>

World Economic Forum (2024): 75% of textiles end up in landfills. Can trade facilitation and the circular economy be the solution? Abgerufen am 28. August 2025 von <https://www.weforum.org/stories/2024/09/textiles-landfills-trade-facilitation-circular-economy-solution/>

Zulfiqar, S., Ambreen, M., & Mohyuddin, A. (2022): Flea market economy influencing local industry: System analysis of Landa Bazaar in Pakistan. In *Pakistan Journal of Social Research*, 4(2), S. 258–266. <https://doi.org/10.52567/pjsr.v4i2.473>

Anhang

Tabelle A1: Relevante HS-Codes für Alttextilien

Quelle: Eigene Darstellung nach UNODC 2025

HS Code	Warenbeschreibung
6309	Bekleidung, Bekleidungszubehör, Decken und andere Waren, gebraucht (Englische Bezeichnung: „worn textiles and clothing“)
6310	Lumpen, Bindfaden, Seile und Taue, aus Textilstoffen, gebraucht, in Form von Ballen (Englische Bezeichnung: „sorted and unsorted used rags and textile scraps“)
5202	Abfälle von Baumwolle, einschließlich Garnreste und aufgenadeltes Material
5505	Abfälle von Chemiefasern, einschließlich Noils, Garnreste und aufgenadeltes Material
5103	Abfälle von Wolle oder von feinem oder grobem Tierhaar, einschließlich Garnreste, jedoch ohne aufgenadeltes Material

Abbildung A2: Exportströme deutscher Alttextilien

Quelle: Reinkenhoff & Ahlmann (2023, S.16)

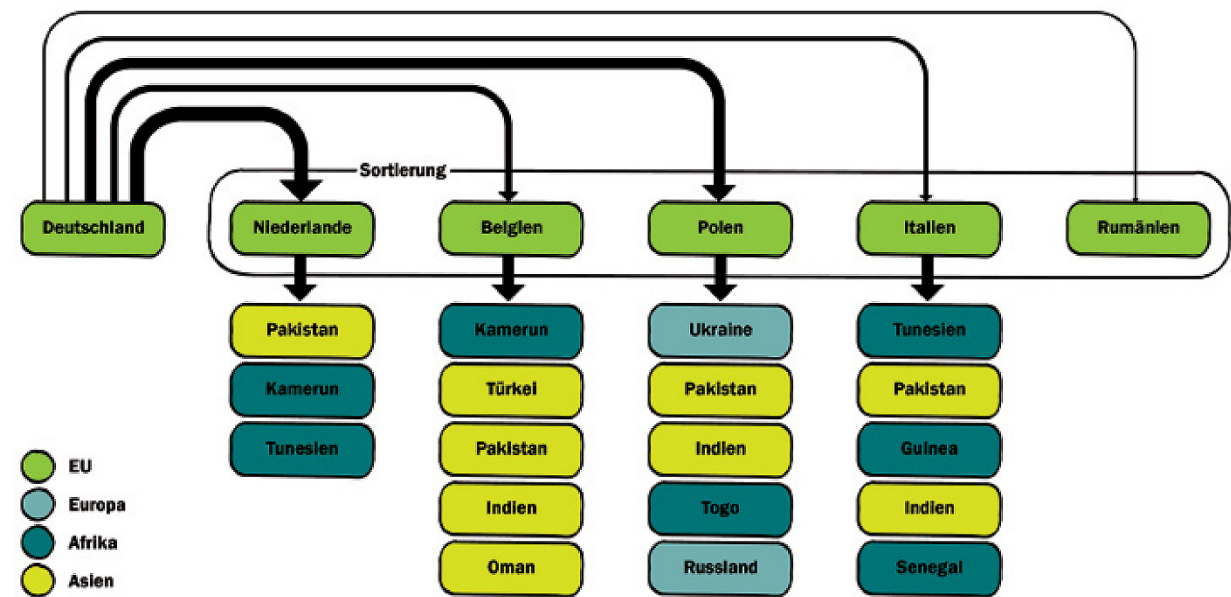


Abbildung A3: Patchwork-Jacke von The Revival (Ghana),

Verkaufspreis 340 britische Pfund.

Quelle: Victoria & Albert Museumshop o. J.



Abbildung A4: Shoddy Produktion (mechanisches Textilrecycling)

Quelle: Kamble & Behera 2021, S. 84

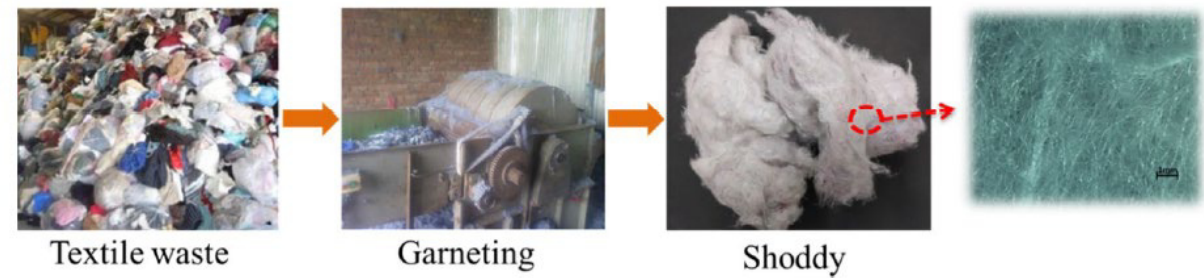
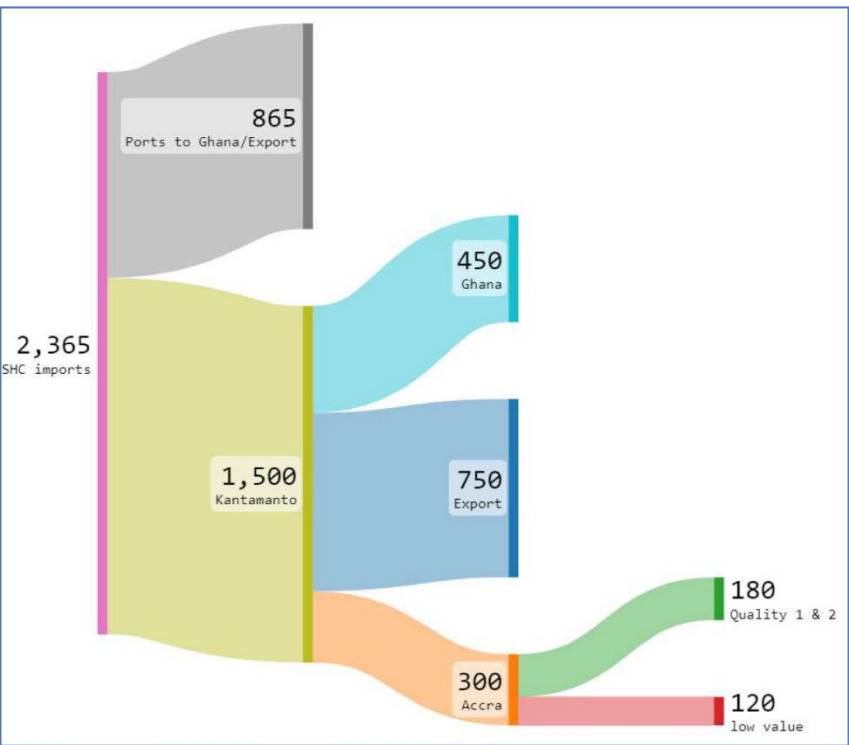


Abbildung A5:

Sankey-Diagramm der Secondhand-Importe von Ghana in t/Woche 2022



Quelle:
GIZ 2024, S. 13

Abbildung A6: Handelsstrukturen des Kantamanto Marktes

Quelle: Reinkenhoff & Ahlmann 2023, S. 33

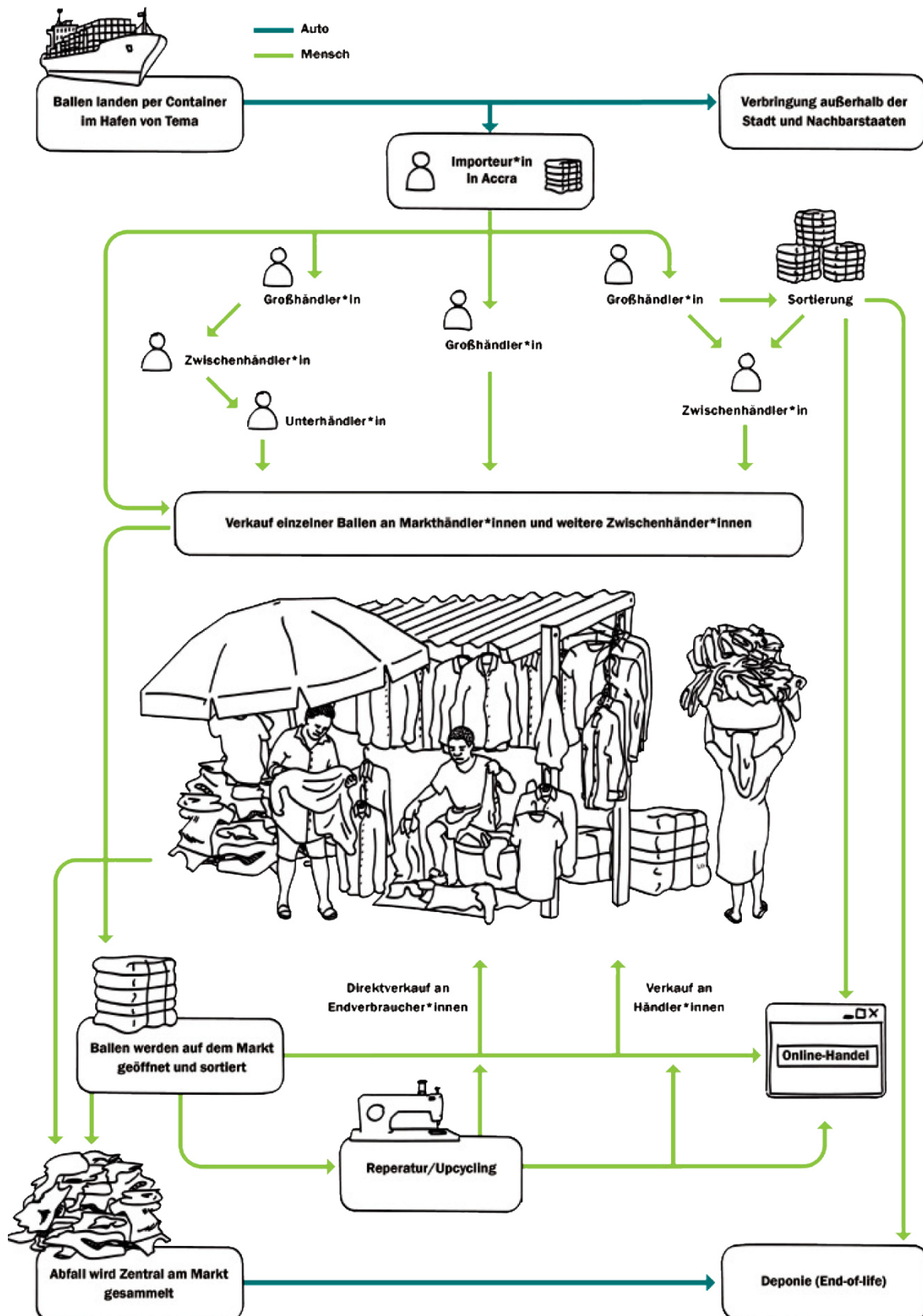


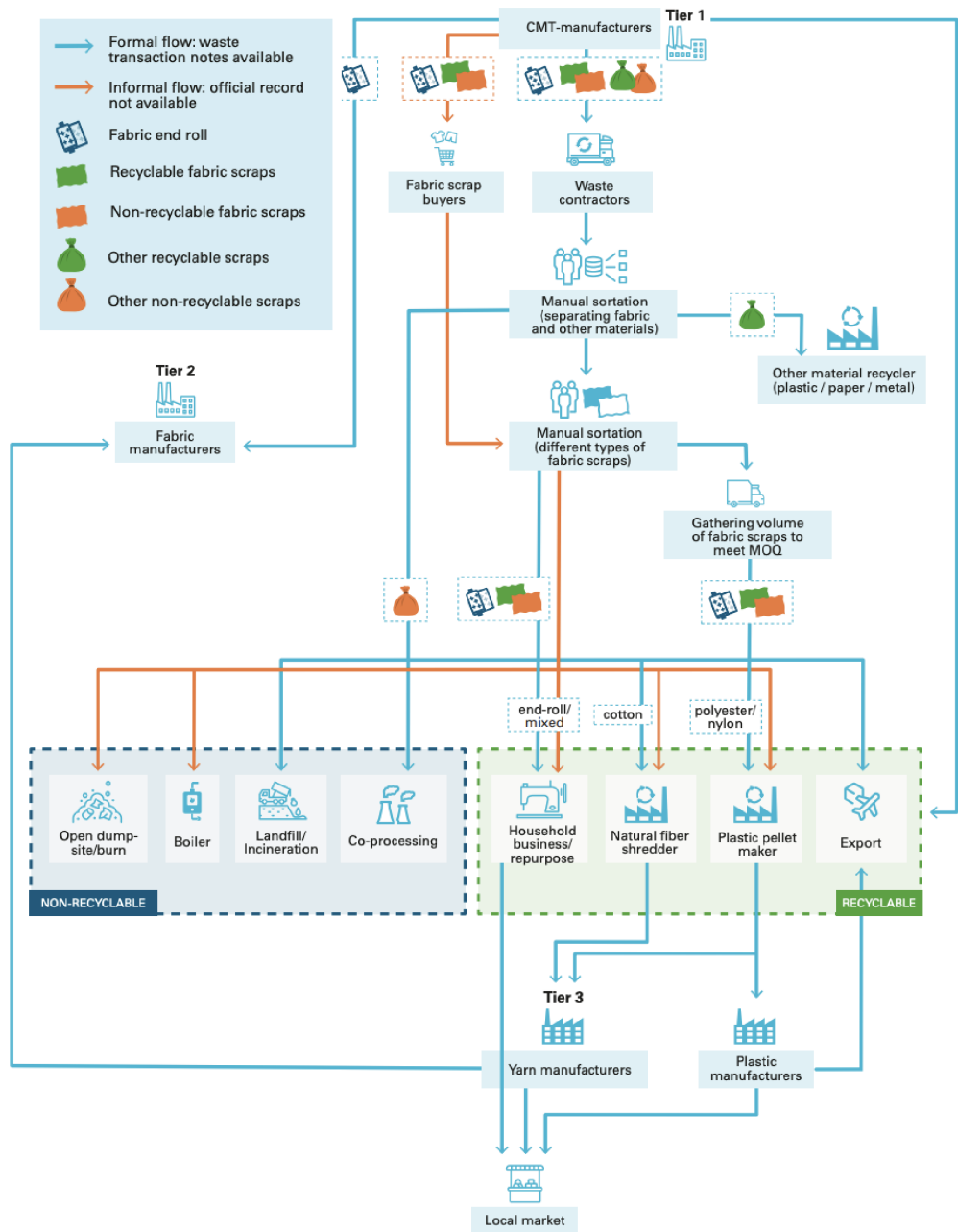
Abbildung A7: Einschätzung der Entsorgungswege auf dem Kantamanto Markt

Quelle: eigene Darstellung nach The Or Foundation 2022, S. 56

Entsorgungsweg	ungefähre tägliche Menge an Kleidungsstücken	ungefährer Anteil des Abfalls
Offizielle Müllabfuhr	250.000 – 450.000	59–75 %
Verbrennung rund um Kantamanto	40.000 – 150.000	12–19 %
Offene Ablagerung (Open Dumping)	40.000 – 150.000	12–19 %
Verbrennung zur Wassererhitzung	500 – 5.000	< 1 %
Wiederverwertung durch Sammeln	250 – 5.000	< 1 %
Verarbeitung zu Industrieputzlappen	100 – 500	< 1 %

Abbildung A8: Postindustrielle Abfallströme in Vietnam

Quelle: Abou-Chakra et al. 2024, S. 19



Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere, dass ich diese Masterarbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Köln, 20.10.2025

Diana Stefan

Unterschrift