

Multimediales Handbuch zur textilen Aufbereitung und Verwertung



Autor:innen:

Fohrer, Natalie; Mauter, Sabrina; Rau, Benita; Prof. Dr.-Ing. Muschkiet, Markus
Hochschule Niederrhein

Mönchengladbach, Mai 2023

VORWORT

Dieses multimediale Handbuch ist der erste veröffentlichte Arbeitsoutput, im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes *„RE³Tex – Strukturelle Veränderungen für zirkuläres Wirtschaften in der Textil- und Bekleidungsindustrie am Beispiel einer modellhaften Umsetzung“*. Weitere werden im Laufe des Projektes folgen. Entstanden ist dieses multimediale Handbuch am Center Textilogistik der Hochschule Niederrhein in den Jahren 2022 und 2023.

Es ist eine Zeit, in der die Pandemie langsam und kontinuierlich aus unserem Leben verschwunden ist und durch neue erhebliche Probleme in Gesellschaft und Wirtschaft ersetzt wurde. Eines dieser erheblichen Probleme ist der Klimawandel, kombiniert mit der Verantwortung aller Akteur:innen in Politik, Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft, diesen einzudämmen und aufzuhalten. *„Global setzt 2022 die Reihe der sehr warmen Jahre fort. Gemeinsam mit dem wärmsten Jahr 2016 traten somit die acht wärmsten Jahre seit Beobachtungsbeginn 1880 in direkter Folge auf. Mit einer Mitteltemperatur von 10,5 °C war 2022 in Deutschland zusammen mit 2018 das bisher wärmste Jahr seit 1881. Die acht wärmsten Jahre seit 1881 liegen alle im 21. Jahrhundert.“*¹ Im Sinne dieser Verantwortung ist die Idee des Projektes „RE³Tex“ entstanden, hin zu einer nachhaltigen Textilwirtschaft.

Denn auch die Textilwirtschaft steht vor großen Veränderungen. Der Ausstoß von Emissionen sowie der Ressourcenverbrauch durch die Produktion von Textilien, insbesondere Bekleidungsprodukten, unterstreicht die Notwendigkeit, hier aktiv zu werden. Dies geschieht durch die oben genannten Akteur:innen auf unterschiedliche Weise und wird in den kommenden Jahren weiter an Fahrt aufnehmen. Hierzu zählt beispielsweise der Aktionsplan Kreislaufwirtschaft (Circular Economy Action Plan) und die im Jahr 2022 veröffentlichte Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien (EU strategy for sustainable and circular textiles), welche auf dem „European Green Deal“ beruhen. Textilien werden darüber hinaus in der europäischen Initiative für nachhaltige Produkte (EU Sustainable Products Initiative) als eine der ersten Produktgruppen genannt, in deren Rahmen die bestehende Ökodesign-Richtlinie überarbeitet und optimiert wird. Darüber hinaus existieren weitere rechtliche Rahmenbedingungen, die in einem direkten Zusammenhang mit einer gesamtheitlichen

¹ Umweltbundesamt (UBA) 2023.

nachhaltigen Textilwirtschaft stehen. Hierzu zählen beispielsweise das Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz oder das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG).²

Neben diesen rechtlichen Aspekten entwickelt sich die Forschung und Entwicklung in den verschiedenen Bereichen des Textilrecyclings rasant weiter. Eine Darstellung der unterschiedlichen Methoden finden Sie in Kapitel 5 „Textile Verwertungsverfahren für einen geschlossenen Kreislauf“ dieses multimedialen Handbuchs. Dennoch sind diese Verfahren oftmals und insbesondere im Vergleich zu anderen Industrien noch nicht so weit fortgeschritten, wie dies vor dem Hintergrund der Klimakrise zu wünschen wäre.

Aus der Kombination von anstehenden rechtlichen Aspekten in der (nahen) Zukunft, die bisher noch keine umfängliche Wirkung entfalten und dem aktuellen Stand des Textilrecyclings lässt sich ein weiterer Handlungsdruck ableiten. Die hierbei entstehenden Lösungen sollten zu schnell umsetzbaren Ergebnissen führen und die beschriebene Lücke füllen. Genau hier setzt das Projekt „RE³Tex“ mit den Aspekten Repair, Reuse und Recycle (RE³) an. Mit der Reparatur sowie der Wiederverwendung wird die Nutzungsdauer von Textilien erheblich gesteigert. Dadurch verringert sich die Notwendigkeit der Neubeschaffung von Textilien mit dem oben beschriebenen Ressourcenverbrauch. Am Ende der verlängerten Nutzungsdauer steht das Recycling, was durch die in diesem Handbuch beschriebenen Prozesse und der damit besseren Kenntnis der Materialzusammensetzung und Ausrüstung der Produkte spezifischer umgesetzt werden kann.

² Mauter 2023.

DANKSAGUNG

Ein herzliches Dankeschön gilt dem Fördermittelgeber des Projekts „RE³Tex – Strukturelle Veränderungen für zirkuläres Wirtschaften in der Textil- und Bekleidungsindustrie am Beispiel einer modellhaften Umsetzung“ – der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. Durch die finanzielle sowie ideelle Förderung ist es dem Projektteam möglich, das Thema der textilen Kreislaufwirtschaft im Rahmen von RE³Tex voranzutreiben und ressourcenschonende Ansätze durch das praxisorientierte Projekt zu erforschen und zu fördern.

Ein besonderer Dank gilt Frau Verena Exner, welche als Referatsleiterin Umweltkommunikation in der mittelständischen Wirtschaft der Deutschen Bundesstiftung Umwelt tätig ist. Frau Exner hat das Projektteam der Hochschule Niederrhein stets begleitet und tatkräftig unterstützt. Durch ihre fachliche Kompetenz und ihr außerordentliches Engagement konnte das Vorhaben begonnen und im Rahmen des geplanten Projektfortschritts umgesetzt werden. Frau Exner steht dem Projektteam als engagierte Ansprechpartnerin zur Verfügung und unterstützt durch ihren Input, neue partnerschaftliche Kooperationen entlang der textilen Kette zu etablieren, den Wissenstransfer neuer Erkenntnisse rund um das Thema textile Kreislaufwirtschaft zu fördern sowie zirkuläres Wirtschaften stärken.

Zudem sind die Projektpartner:innen aus der Industrie und Wirtschaft hervorzuheben, ohne welche die Initiierung sowie die Umsetzung von RE³Tex nicht möglich (gewesen) wäre. Vielen Dank an die Maier Sports GmbH, die Xiphoo GmbH, die ALTEX Textil-Recycling GmbH & Co. KG und die IQS Solutions GmbH mit ihren jeweiligen Ansprechpartner:innen. Des Weiteren wird das Projekt durch assoziierte Partner:innen unterstützt, welchen wir unseren Dank aussprechen möchten. Dazu gehören die circular.fashion UG, der Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e.V. (inkl. Forschungskuratorium Textil e.V.), der Verband der Nordwestdeutschen Textil- und Bekleidungsindustrie e.V., der Verband der Rheinischen Textil- und Bekleidungsindustrie e.V., der Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung, das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, ZiTex Textil & Mode NRW als auch die Wirtschaftsförderung Mönchengladbach. Wir danken Ihnen für Ihre ehrliche und authentische Motivation und das Engagement, einen Beitrag zur textilen Kreislaufwirtschaft zu leisten und nachhaltiges Wirtschaften zu fördern.

Auch allen weiteren Unternehmen aus der Textil- und Bekleidungsindustrie sei für Ihre Bereitschaft gedankt, am Projekt „RE³Tex – Strukturelle Veränderungen für zirkuläres

Wirtschaften in der Textil- und Bekleidungsindustrie am Beispiel einer modellhaften Umsetzung“ mitzuwirken, zum Beispiel in Form der Teilnahme an Interviews oder Befragungen im Rahmen der Datenerhebung.

Das Team des Center Textillogistik wünscht Ihnen viel Freude bei der Lektüre!

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	12
1.1	Problemstellung und Zielsetzung.....	13
1.2	Methodische Vorgehensweise.....	14
1.3	Aufbau.....	15
2	Grundlagen	17
2.1	Die Textil- und Bekleidungsindustrie in Deutschland	17
2.2	Die textile Wertschöpfungskette	18
2.3	Umweltwirkungen der Industrie	20
2.4	Die Kreislaufführung in der Textil- und Bekleidungsindustrie	23
3	Marktübersicht von Rücknahmesystemen für die textile Aufbereitung und Verwertung	25
3.1	Rücknahmesysteme zur Aufbereitung	25
3.1.1	Rücknahme über den stationären Einzelhandel	25
3.1.2	Rücknahme über den Versandweg	26
3.1.3	Rücknahme durch Abholservice	26
3.1.4	Sonstige Systeme	27
3.2	Rücknahmesysteme zur Verwertung.....	28
4	Textile Reparatur- und Aufbereitungsmethoden als Instrument zur Verlängerung der Nutzungsdauer	30
4.1	Methoden der textilen Aufbereitung und Reparaturarbeiten.....	33
4.1.1	Desinfektion	34
4.1.2	Schimmelbeseitigung	35
4.1.3	Chemische Reinigung	36
4.1.4	Detachur	40
4.1.5	Farbkorrektur.....	44
4.1.6	Imprägnierung.....	45

4.1.7	Stopfen.....	45
4.1.8	Flicken.....	50
4.1.9	Ersatzteile Verschlussmittel.....	52
4.1.10	Nähtechnische Reparaturen.....	56
4.2	Einfluss textiler Produkteigenschaften auf das Aufbereitungs- und Reparaturpotenzial 59	
5	Textile Verwertungsverfahren für einen geschlossenen Kreislauf.....	62
5.1	Methoden des Textilrecyclings	64
5.1.1	Mechanisches Recycling	65
5.1.2	Chemisches Recycling	69
5.1.3	Thermisches Recycling	70
5.2	Einfluss textiler Produkteigenschaften auf das Verwertungspotenzial	70
6	Konsument:innenperspektive	72
6.1	Befragungsergebnisse zur Reparatur und textilen Aufbereitung	73
6.2	Befragungsergebnisse zur textilen Verwertung	78
7	Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Bekleidung.....	82
8	Fazit und Ausblick.....	87
9	Literaturverzeichnis	89
10	Anhang	97
10.1	Interviewleitfäden	97
10.1.1	Textil- und Bekleidungshersteller und Retailer.....	97
10.1.2	Textile Aufbereiter	102
10.1.3	Textile Verwerter	106
10.1.4	Verbände der Textil- und Bekleidungsindustrie	110
10.1.5	Unternehmen aus den Bereichen Datenaustauschkonzepte, Informationsplattformen und Informationstechnologie.....	111

10.2	Verbraucher:innen-Fragebogen.....	114
10.3	Ergebnisse der Verbraucher:innenumfrage	123

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1-1:	Aufbau des Handbuchs	16
Abbildung 2-1:	Offener und geschlossener textiler Kreislauf.....	19
Abbildung 4-1:	Häufige Defekte in der textilen Aufbereitung	32
Abbildung 4-2:	Methoden für die textile Aufbereitung	34
Abbildung 4-3:	Prinzip der Reinigung mittels Tensiden.....	39
Abbildung 4-4:	Einteilung der Löslichkeit des Flecks	40
Abbildung 4-5:	Beispielhafte Vorgehensweise einer Detachur.....	42
Abbildung 4-6:	Exemplarische Darstellung eines händisch gestopften Gewebes (Kunststopferei).....	47
Abbildung 4-7:	Reparaturergebnis einer Jeans mittels maschinelles Stopfen	48
Abbildung 4-8:	Vermaschen gelöster horizontaler Maschen	49
Abbildung 4-9:	Stopfen von Maschenwaren mithilfe von Stützfäden.....	50
Abbildung 4-10:	Anwendung des Reparaturklebebandes an einem Riss.....	51
Abbildung 4-11:	Schematischer Verlauf horizontaler Nähte	52
Abbildung 4-12:	Schaftknöpfe aus Kunststoff	53
Abbildung 4-13:	Lochknöpfe unterschiedlicher Materialien	54
Abbildung 4-14:	Hakenknopf aus Metall	54
Abbildung 4-15:	Anbringen eines Druckknopfes mit einer Nietzange.....	54
Abbildung 4-16:	Produkteigenschaften mit Einfluss auf Reparatur und Aufbereitung.....	60
Abbildung 6-1:	Monatliche Ausgaben für Bekleidung im Durchschnitt	73
Abbildung 6-2:	Bereits genutzte Aufbereitungsverfahren	74
Abbildung 6-3:	Gründe für die Nichtnutzung von Reparatur- und Aufbereitungsservices	75

Abbildung 6-4: Zahlungsbereitschaft für Reparaturleistungen.....	76
Abbildung 6-5: Entsorgungswege von Altkleidern.....	80
Abbildung 10-1: Verfahren bei einem defekten Reißverschluss.....	123
Abbildung 10-2: Verfahren bei einer defekten Naht	123
Abbildung 10-3: Verfahren bei Löchern	124
Abbildung 10-4: Verfahren bei einem losen Knopf.....	124
Abbildung 10-5: Verfahren bei Pilling.....	125
Abbildung 10-6: Verfahren bei defekter Beschichtung	125
Abbildung 10-7: Verfahren bei fehlerhaftem Gewebe	126
Abbildung 10-8: Verfahren bei Verformung/Verzug	126

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1: Prozentuale Verteilung der Wirkungskategorien nach Lebenszyklusstadium im Verhältnis zur Gesamtauswirkung	22
Tabelle 5-1: Einflussfaktoren von textilen Produkteigenschaften für das Recycling im direkten Vergleich zu unterschiedlichen Recyclingverfahren.....	71

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
°C	Grad Celsius
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Equivalente
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
EEA	European Environment Agency
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
ggf.	gegebenenfalls
inkl.	inklusive
kg	Kilogramm
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KWL	Kohlenwasserstoff-Lösungsmittel
LCA	Life Cycle Assessment
m ³	Kubikmeter
m ²	Quadratmeter
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
NFC	near field communication
PER	Perchlor
RFID	radio frequency identification
RKI	Robert-Koch-Institut
u. a.	unter anderem
usw.	und so weiter

UBA Umweltbundesamt

WRAP Waste & Resources Action Programme

z. B. zum Beispiel

1 Einleitung

Das Projekt „RE³Tex – Strukturelle Veränderungen für zirkuläres Wirtschaften in der Textil- und Bekleidungsindustrie am Beispiel einer modellhaften Umsetzung“ trägt zur Förderung der textilen Kreislaufwirtschaft bei. Hierzu stehen die Vorhaben Repair, Reuse und Recycle (RE³) im Vordergrund. Dem Projekt RE³Tex liegt das Ziel zugrunde, strukturelle Veränderungen in der Bekleidungsindustrie anzustoßen, die ein zirkuläres Wirtschaften stärken und somit eine wesentliche Steigerung der Nachhaltigkeit in der Branche ermöglichen. Teil des Projekts ist die Entwicklung des vorliegenden digitalen Handbuchs zur Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit und dessen Umsetzung für Bekleidungshersteller. Darüber hinaus umfasst das Vorhaben die anwendungsorientierte Entwicklung eines Geschäftsmodells inkl. eines Logistikkonzepts. Dieses wird in Form eines Leitfadens zur Einführung eines Rücknahmesystems zusammen mit der Entwicklung und Organisation der Rückführlogistik für Unternehmen erläutert. Vor dem Hintergrund der vielfältigen Herausforderungen wird daraus ein tragfähiges Konzept entwickelt, welches zur Deckung der Kosten dient. Mit diesem Handbuch und dem Leitfaden werden Textil- und Bekleidungshersteller bei der Umsetzung der textilen Kreislaufführung im eigenen Unternehmen unterstützt.

Dieses Handbuch sowie der Leitfaden werden durch eine praktische Umsetzung mit den Projektpartnern erprobt und optimiert. So wird durch die Maier Sports GmbH ein Rücknahme- und Sammelsystem für markeneigene Produkte zur Reparatur und/oder der Weiterleitung zum Recycling etabliert. Die gesammelten Textilien werden anschließend zur Verwertung der ALTEX Textil-Recycling GmbH & Co. KG im Rahmen eines hochwertigen Textilrecyclings weitergeleitet. Der Kreislauf wird durch die Erzeugung eines zur Weiterverwendung nutzbaren Materials geschlossen. Durch weitere Kooperationen, z. B. mit Spinnereien, sollen die recycelten Fasern wieder in die Produktion der Maier Sports GmbH einfließen. Die textile Kreislaufwirtschaft wird in ihrer Gesamtheit betrachtet, sodass auch die Verlängerung der Nutzungsdauer Berücksichtigung findet. Defekte oder abgetragene Produkte werden durch textile Aufbereitungsmethoden als Serviceleistung von der Maier Sports GmbH und IQS Solutions GmbH für Verbraucher:innen behandelt und aufgefrischt. Die Verlängerung des Produktlebenswegs von Bekleidungsartikeln in Kombination mit einem anschließenden Recycling trägt zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft bei. Die hierbei entstehenden Erfahrungswerte werden sowohl in dem Handbuch als auch in dem Leitfaden geteilt, sodass Hemmnisse und Herausforderungen direkt mit potenziellen Lösungsansätzen verknüpft werden. Durch dieses Projekt werden die vielfältigen Verknüpfungen transparent aufgezeigt.

So werden durch Unterstützung der Partner XIPHOO GmbH und circular.fashion UG auch digitale Produktpässe berücksichtigt, welche durch datenbasierte NFC-/RFID-Tags u. a. Auskunft über die Materialzusammensetzung oder verwendete Ausrüstungen geben und somit eine sortenreine Zufuhr für ein Recycling sicherstellen.

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Hürden in der textilen Aufbereitung und im Recycling sind vielschichtig und betreffen jeweils unterschiedliche Bereiche der textilen Kette, sodass in Summe jedoch die gesamte Supply Chain von der Produktion bis hin zur Verwertung zu betrachten ist. In der Bekleidungsindustrie besteht das Problem des steigenden Konsums von preiswerter Kleidung. Dies trägt im vorherrschenden Fast Fashion System dazu bei, dass die Endkonsument:innen sich schneller ihrer Kleidung entledigen und der Anteil an Alttextilien in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat. Die Sammelmenge von Alttextilien stieg in den Jahren 2013 bis 2018 in Deutschland um rund 3 Millionen Tonnen auf 1,3 Millionen Tonnen.³ Zusätzlich wird von Textilverbänden aufgrund der Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und der damit einhergehenden Verpflichtung zur Getrennsammlung von Alttextilien eine weiter steigende Sammelmenge prognostiziert.⁴ Eine Herausforderung im Textilrecycling besteht im Umgang mit dem erhöhten Mischfaseranteil. Ein hochwertiger Wiedereinsatz der Fasern im Textil- und Bekleidungsbereich ist mit den derzeitigen Recyclingverfahren nur mit einem möglichst sortenreinen Material zu realisieren. Weniger als 1 % der Alttextilien werden im Rahmen eines Faser-zu-Faser-Recyclings dem Kreislauf zurückgeführt.⁵ Eine weitere Hürde der Verwertung, welche das Recycling und Downcycling⁶ umfasst, besteht darin, dass in der Produktion gesundheits- und umweltschädliche und teilweise unbekannte Chemikalien eingesetzt werden. Ebenfalls erschweren Applikationen oder Membrantextilien die Verwertung, da diese vor dem Reißen (mechanisches Recycling) entfernt bzw. getrennt werden müssen, was zusätzliche Prozesse notwendig macht.

³ Vgl. bvse 2020.

⁴ Vgl. Fachverband Textilrecycling 04.02.2021.

⁵ Vgl. Ellen MacArthur Foundation 2017.

⁶ Recycling ist eine Form der Abfallverwertung mit dem Ziel, den Produktlebenszyklus zu verlängern und umfasst das Upcycling als auch das Downcycling. Upcycling bedeutet, dass eine Wertsteigerung vom ursprünglichen Produkt zum „neuen“ recycelten Produkt stattfindet. Downcycling bedeutet, dass ein Produkt zu einem recycelten Produkt minderer Qualität (im Vergleich zum ursprünglichen Produkt) weiterverarbeitet wird.

Das vorliegende Handbuch zur textilen Aufbereitung und Verwertung soll primär den Bekleidungsherstellern die differenzierten Aspekte für Aufbereitungsmöglichkeiten im Zuge der Produktentwicklung und/oder der Produktverbesserung nahelegen, um eine zukünftige Weiterverwendung der Textilien zu ermöglichen. Das Handbuch ist öffentlich zugänglich, damit auch andere Unternehmen aus der Textil- und Bekleidungsindustrie davon profitieren können. Hierdurch soll die Umsetzung zur erweiterten Kreislaufführung innerhalb der Industrie gestärkt werden.

1.2 Methodische Vorgehensweise

Dem Handbuch liegt eine ausführliche Datenerhebung zugrunde, welche die Durchführung einer Dokumentanalyse, die Durchführung von Interviews, die Durchführung einer Umfrage sowie die Durchführung eines Workshops umfasst, welche Teile des Projekts RE³Tex sind.

Eine ausführliche Dokumentanalyse ermöglichte einen ersten Überblick über die aktuellen Problemstellungen in der textilen Aufbereitung in der Bekleidungsindustrie und -wirtschaft. Die Übersicht über bereits bestehende Reparaturmöglichkeiten, Recyclingtechnologien und Geschäftsmodelle zur Rücknahme von Alttextilien werden in Kapitel 3 (Marktübersicht von Rücknahmesystemen für die textile Aufbereitung und Verwertung) dargestellt. Im Rahmen der Sekundärerhebung wurden bereits vorhandene Daten genutzt, um den Ist-Stand widerzuspiegeln. Anschließend wurden strukturierte und Leitfaden-basierte Interviews mit Expert:innen der Branche durchgeführt. Zu den Interviewpartner:innen gehörten beispielsweise Unternehmen der Textil- und Bekleidungsindustrie als auch Vertreter:innen der Verbände und assoziierten Partner:innen des Projektes, welche das Vorhaben unterstützen. Des Weiteren wurde eine Umfrage in Form eines standardisierten Online-Fragenbogens an Verbraucher:innen gesendet, um Informationen über das Kaufverhalten und die Einstellung zu Textilrecycling und der textilen Aufbereitung in der Outdoor-Bekleidungsbranche zu erhalten. Abgerundet wurde die Datenerhebung durch einen (digitalen) Workshop, welcher den Interessengruppen (Bekleidungshersteller, Sammler und Sortierer, Aufbereiter, Verwerter, Verbände und Politik) als Arbeitstreffen eine Möglichkeit zum direkten Austausch bot. Die zuvor untersuchten Problemstellungen wurden hier aufgegriffen und gemeinsam diskutiert, um neue Lösungsansätze zu entwickeln.

Alle gesammelten Informationen werden in diesem Handbuch zusammengefasst und strukturiert aufbereitet, um den größtmöglichen Mehrwert zu bieten. Insbesondere die Interviews mit den Expert:innen der Branche haben aufschlussreiche Hinweise geliefert.⁷

1.3 Aufbau

Zunächst wird in Kapitel 2 die Textil- und Bekleidungsindustrie in Deutschland skizziert und die textile Wertschöpfungskette erklärt, sodass alle Prozessschritte klar definiert sind. Danach wird auf die Umweltwirkungen der Industrie eingegangen, welche zum Bedarf einer ressourcenschonenden und kreislauffähigen Lieferkette führen. Das Prinzip der Kreislaufführung wird folglich erläutert und greift die Zielsetzung des Projekts RE³Tex erneut auf, strukturelle Veränderungen in der Bekleidungsindustrie anzustoßen, die ein zirkuläres Wirtschaften stärken.

Nach den Grundlagen wird in Kapitel 3 der Fokus auf bereits bestehende Rücknahmesysteme für die textile Aufbereitung und Verwertung gelegt. Hierbei wird zwischen Rücknahmesystemen zur Reparatur und Rücknahmesystemen zum Recycling unterschieden. Anschließend werden in Kapitel 4 Reparatur- und Aufbereitungsmethoden vorgestellt, wie beispielsweise die Detachur oder nähtechnische Reparaturarbeiten. Es wird ebenfalls auf die textilen Produkteigenschaften eingegangen, welche das Aufbereitungs- und Reparaturpotenzial beeinflussen. Nach dem gleichen Schema werden in Kapitel 5 textile Verwertungsverfahren für einen geschlossenen Kreislauf dargelegt. Zuerst werden die Methoden des Textilrecyclings erklärt und dann wird auf textile Produkteigenschaften eingegangen, die das Verwertungspotenzial beeinflussen. Daraus resultieren Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Bekleidung, welche in Kapitel 7 erörtert werden. Einblicke in die Konsument:inneperspektive werden zuvor, in Kapitel 6 abgebildet. Das Handbuch schließt mit einem Fazit und Ausblick auf zukünftige Entwicklungen ab. Abbildung 1-1 veranschaulicht den Aufbau des Handbuchs.

⁷ Die Ergebnisse der Interviews sind in Rücksprache mit den Interviewpartner:innen anonymisiert. Die Interviewleitfäden befinden sich im Anhang.



1. Einleitung

- 1.1. Problemstellung und Zielsetzung
- 1.2. Methodische Vorgehensweise
- 1.3. Aufbau



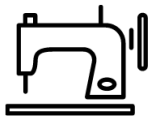
2. Grundlagen

- 2.1. Die Textil- und Bekleidungsindustrie in Deutschland
- 2.2. Die Textile Wertschöpfungskette
- 2.3. Umweltwirkungen der Industrie
- 2.4. Die Kreislaufführung in der Textil- und Bekleidungsindustrie



3. Marktübersicht von Rücknahmesystemen für die textile Aufbereitung und Verwertung

- 3.1. Rücknahmesysteme zur Aufbereitung
- 3.2. Rücknahmesysteme zur Verwertung



4. Textile Reparatur- und Aufbereitungsmethoden als Instrument zur Verlängerung der Nutzungsdauer

- 4.1. Methoden für die textile Aufbereitung und Reparaturarbeiten
- 4.2. Einfluss textiler Produkteigenschaften auf das Aufbereitungs- und Reparaturpotenzial



5. Textile Verwertungsverfahren für einen geschlossenen Kreislauf

- 5.1. Methoden des Textilrecyclings
- 5.2. Einfluss textiler Produkteigenschaften auf das Verwertungspotenzial



6. „Konsument:innenperspektive“

- 6.1 Befragungsergebnisse zur Reparatur und textilen Aufbereitung
- 6.2 Befragungsergebnisse zur textilen Verwertung



7. Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Bekleidung



8. Fazit und Ausblick

Abbildung 1-1: Aufbau des Handbuchs⁸

⁸ eigene Darstellung

2 Grundlagen

Die globale Textilindustrie ist einer der größten Erzeuger von toxischen Umweltabfällen und Umweltschäden, bezugnehmend auf die Wasser-, Boden- und Luftressourcen unserer Erde. Für die Herstellung von Bekleidung, Schuhen und Heimtextilien wurden laut einer Studie der EEA innerhalb der EU-Haushalte in 2020 im Durchschnitt pro Person 391 kg an Rohstoffen, wie Naturfasern, Erdöl und weitere Primärrohstoffe verbraucht, 9 m³ Wasser und 400 m² an Landressourcen genutzt und 270 kg CO₂e an Treibhausgasemissionen verursacht.⁹ Dem gegenüber stehen etwa 5,8 Mio. Tonnen an Alttextilien, die jährlich entsorgt werden.¹⁰ Dies macht die Notwendigkeit von effizienten Aufbereitungs- und Recyclingprozessen deutlich. Indem bereits produzierten Produkte und Fasern weitergenutzt bzw. wiederverwendet werden, können diese Ansätze zur Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungen beitragen.

2.1 Die Textil- und Bekleidungsindustrie in Deutschland

Die deutsche Textil und Bekleidungsindustrie erwirtschaftete in den vergangenen Jahren etwa 55,21 Mrd. € Umsatz für den Sektor Bekleidung (Stand 2022) und 11,8 Mrd. € in der Textilbranche (Stand 2021).¹¹ Mit einer Anzahl von 903 Betrieben, bringt diese Industrie ca. 86.000 Angestellte und 37.000 Mitarbeiter:innen hervor. Seit 2004 ist zu beobachten, dass sich immer weniger Betriebe aus diesem Bereich in Deutschland niederlassen, wodurch folglich auch die Anzahl an Auszubildenden zurückgeht. Am stärksten vertreten sind die Betriebe in Bayern, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen. Der Import von Textilien und Bekleidung in 2021 betrug in Deutschland 49,8 Mrd. €, der Export 35,42 Mrd. €. ¹²

Zu den führenden Unternehmen gehören u. a. die Otto Group, Hennes & Mauritz (H&M) und C&A, wohingegen der E-Commerce-Fashion-Markt von Zalando, Bonprix und AboutYou angeführt wird.¹³

Durch die Globalisierung und dem Trend zur schnelllebigen Mode, werden die Produktionen immer häufiger und preiswerter durchgeführt. Einige Unternehmen bieten teilweise bis zu 24 Kollektionen im Jahr an. Bei den sogenannten Ultra Fast Fashion Brands gehen bis zu 4.500

⁹ Vgl. European Environment Agency (EEA) 2022.

¹⁰ Vgl. Europäische Kommission 2021.

¹¹ Vgl. Statista 2022a, 2022b.

¹² Vgl. Statista Research Department 2022.

¹³ Vgl. EHI Retail Institute 2021.

neue Artikel wöchentlich online. Dazu werden meist niedrige Qualitäten preiswert angeboten, wodurch die Nachfrage nach günstigen Rohstoffen, wie z. B. Polyester in den Jahren 2000 bis 2017 um 157 % gestiegen ist. Laut dem Bundesumweltministerium kaufen Bürger:innen ca. 60 neue Kleidungsstücke jährlich, wobei jedes fünfte nie getragen wird. Dies entspricht etwa 12 bis 15 kg ungetragenen Bekleidungsprodukten im Jahr und liegt 50 % über dem weltweiten Durchschnitt. Jeder Privathaushalt gibt monatlich etwa 106 € für Bekleidung aus, was 4 % der jeweiligen Konsumausgaben ausmacht.¹⁴

Gegenwertig werden weniger als 1 % der Textilien am Ende ihres Lebenszyklus recycelt und zu neuen Kleidungsstücken verarbeitet. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland 230 Millionen unverkaufte Textilerzeugnisse in Verbrennungsanlagen oder als Altkleiderware ins Ausland deponiert.¹⁵ Laut der Alttextilstudie vom bvse wird im Jahr 2025 ein Sammelaufkommen von 17,52 kg pro Einwohner prognostiziert, dies geht einher mit veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen, wie beispielsweise die Pflicht zur Getrenntsammlung.¹⁶ Nach einer Verbraucher:innenbefragung zum Umgang mit Alttextilien des bvse in Deutschland gaben 98 % an, dass sie gelegentlich Altkleidersammlungen nutzen. Die Depotcontainer stehen dabei an erster Stelle.¹⁷

Durch die steigenden Energiekosten, kürzere Entwicklungszyklen und den Anforderungen hinsichtlich der Nachhaltigkeit wird Druck auf die Textilhersteller erzeugt. Kund:innen verlangen beispielsweise eine transparente und soziale Lieferkette, jedoch ohne zusätzliche Zahlungsbereitschaft.¹⁸

2.2 Die textile Wertschöpfungskette

Die textile Wertschöpfungskette setzt sich aus allen Personen und Einrichtungen zusammen, die durch die Rohstoffe, den Entwurf, die Herstellung, den Vertrieb oder den Konsum und nach Ablauf der Nutzungsdauer einen Teil zum Textilerzeugnis beitragen.¹⁹

¹⁴ Vgl. Fairlier 2022; EHI Retail Institute 2021.

¹⁵ Vgl. Fairlier 2022.

¹⁶ Vgl. bvse 2020.

¹⁷ Vgl. bvse o.J.

¹⁸ Vgl. Forschungskuratorium Textil e. V 2020.

¹⁹ Vgl. Notten und Kenya 2020, S. 15ff.

Konkret beläuft sich dies auf die Stufen:

- Faserproduktion
(Rohstoffproduktion, Materialverarbeitung, Faseraufbereitung),
- Garn- und Gewebeerstellung
(Spinnen, Weben/Stricken und weitere Bindungsarten),
- Textilproduktion
(Bleichen und Färben, Veredelung, Montage),
- Konsum
(Distribution, Nutzung durch den Konsumenten),
- Ende des Produktlebenszyklus
(Sammlung und Sortierung, Verwertung / Verwendung oder Deponierung).²⁰

Um eine verlängerte Ressourcennutzung der Rohstoffe, die in dieser Wertschöpfungskette enthalten sind, zu adaptieren, bedarf es zirkulärer Systeme, die eine entsprechende Nutzung der Materialien miteinbeziehen und sich darauf ausrichten.

Kreislaufwirtschaft zielt darauf ab, Textilien in einen geschlossenen Kreislauf zu führen. Aktuell ist eine mehrheitliche lineare Wirtschaft zu beobachten. In Abbildung 2-1 werden diese textilen Prozesse, auch textile Abfallkette genannt, dargestellt.

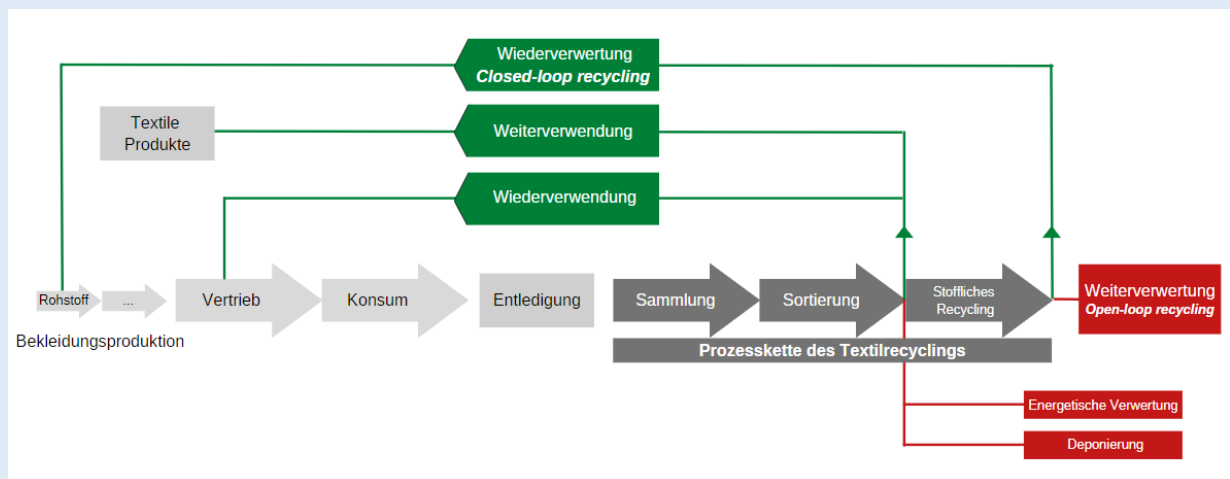


Abbildung 2-1: Offener und geschlossener textiler Kreislauf²¹

²⁰ Vgl. Notten und Kenya 2020, S. 16.

²¹ Mauter 2022.

Zum Ende eines Produktlebenszyklus kann der wiederholte Einsatz von textilen Materialien grundlegend in zwei verschiedene Arten differenziert werden. Die Weiterverwendung und die Wiederverwendung setzen dabei voraus, dass es keine stoffliche Veränderung gibt. Diese Ansätze setzen aus diesem Grund nach der Sortierung der Alttextilien an, die insbesondere für eine größere Skalierung der beiden Verwendungsarten aufgrund der differenzierten Alttextilqualitäten benötigt wird. Beispiele für die sekundären Verwendungsarten, also für die Weiterverwendung, sind die Nutzung als Putzlappen oder das Upcycling zu anderweitigen textilen Produkten. Die bekannteste primäre Verwendung, also die Wiederverwendung, ist z. B. die Weitergabe an den Secondhand-Markt. Reparatur- und Aufbereitungskonzepte für diese Textilien können die Rückgabe an weitere Konsument:innen/Endkund:innen begünstigen. Diese Art des wiederholten Einsatzes ist laut der Abfallhierarchie, die im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) statuiert ist, dem stofflichen Recycling vorzuziehen.²²

Die stoffliche Veränderung der Textilien wird ebenfalls in zwei Kategorien der Verwertung unterteilt. Diese Arten setzen an der Stufe des Recyclings an. Während in einem offenen Kreislauf die recycelten Materialien (Rezyklate) z. B. für die Produktion von Vlies- und Dämmstoffen verwendet werden, verfolgt der geschlossene Kreislauf das Ziel des erneuten Einsatzes der Rezyklate für dieselbe Produktart. Die primäre Verwertung von Alttextilien ermöglicht also eine Integration von bereits genutzten Rohstoffen in die Neuproduktion von Textilien, was einen geschlossenen textilen Kreislauf darstellt.²³

Produkte und Materialien von geringer Qualität, die sich nicht für den Wiedereinsatz oder eine Weiterverwendung eignen, werden derzeit meist nach der Sortierung direkt der thermischen Verwertung zugeführt oder mit den in der Sammlung enthaltenen Abfällen und Störstoffen beseitigt.²⁴

2.3 Umweltwirkungen der Industrie

Die Umweltverschmutzung der Textil- und Bekleidungsindustrie beläuft sich auf rund 5 bis 10 % der weltweiten Verschmutzung und trägt signifikant zur Produktion von globalen Treibhausgasemissionen bei.²⁵ Konkret beläuft sich dies auf jährlich rund

²² Vgl. Korolkow 2015, S. 20; ÖkoMedia Public Relations 2001, S. 73; Mauter 2022

²³ Vgl. Korolkow 2015, S. 23; Muthu 2017, S. 60; Payne 2015, S. 107; Mauter 2022.

²⁴ Vgl. Korolkow 2015, S. 20; ÖkoMedia Public Relations 2001, S. 73; Mauter 2022.

²⁵ Vgl. Niinimäki et al. 2020, S. 189–200; Chrobot et al. 2018, S. 18.

3,3 Milliarden Tonnen Treibhausgase über die gesamte textile Wertschöpfungskette hinweg. Dies entspricht der kumulierten Menge aus internationalen Flügen und der Seeschifffahrt.²⁶ Darüber hinaus werden global rund 215 Billionen Liter Wasser pro Jahr verbraucht.²⁷

Zurückzuführen sind diese Zahlenwerte unter anderem auf den hohen Wasserverbrauch und den Einsatz von Chemikalien sowie Pestiziden während der Fasergewinnung. Insbesondere während der Nassverarbeitung (Färben und Veredelung) werden verhältnismäßig große Mengen Wasser erhitzt. Die Verbrennung von fossilen Brennstoffen, um für derartige Prozesse, Strom und Wärme zu erzeugen, trägt einen erheblichen Bestandteil zu den negativen Klimaauswirkungen der Textilproduktion bei. Produktionsländer wie z. B. Bangladesch und Indien sind für die Energieerzeugung bisweilen an fossile Brennstoffe gebunden.

Neben der Nutzungsphase der Produkte und den damit einhergehenden Wasch- und Trocknungsprozessen trägt die Produktion von Fasern zu vielen Klimaemissionen bei. Neben natürlichen Fasern ist insbesondere die Produktion von Kunstfasern ressourcenintensiv. Rund zwei Drittel aller Fasern sind synthetischer Natur und werden aus fossilen Brennstoffen wie z. B. Erdöl mithilfe von Chemikalien wie Etyhlen hergestellt. Nicht erneuerbare Ressourcen werden damit zu Beginn der Lebenszyklusphase eines Produkts gebunden und sollten entsprechend lange erhalten und wiederverwendet werden.²⁸ Nachfolgend wird in Tabelle 2-1 die prozentuale Verteilung der durchschnittlichen Klimaauswirkungen in Bezug auf verschiedene Wirkungskategorien innerhalb der bereits thematisierten textilen Wertschöpfungskette dargestellt. Die entsprechende funktionale Einheit stellt dabei die globale jährliche Produktion von Bekleidung dar. Inkludierte Faserarten sind Kunststofffasern, Baumwolle, weitere Naturfasern (z. B. Leinen) und Zellulosefasern. Ein Vergleich dieser Fasern wurde innerhalb dieser Betrachtung nicht angestellt. Demnach sind die Faserproduktion, die Garn- und Gewebeerstellung und das Färben/Veredelung für den prozentual überwiegenden Teil der differenzierten Wirkungskategorien verantwortlich.²⁹ Um allgemeine nachhaltige Strukturen langfristig in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Soziales, Wirtschaft und Umwelt) zu etablieren, wurden 2015 von den Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen 17 Ziele, auch Sustainable Development Goals (SDG) genannt, statuiert,

²⁶ Vgl. Chrobot et al. 2018, S. 18; Notten und Kenya 2020, S. 19.

²⁷ Vgl. Chrobot et al. 2018; Notten und Kenya 2020, S. 23.

²⁸ Vgl. Notten und Kenya 2020, S. 19.

²⁹ Vgl. Chrobot et al. 2018, 10ff., 54ff.

deren Umsetzung bis zum Jahr 2030 erfolgen soll. Der Fokus der betrachteten Klimaauswirkungen in Tabelle 2-1 liegt dabei auf den Zielvorgaben der 17 Planvorhaben.³⁰

<i>Wirkungskategorie</i>	Faserproduktion	Garnherstellung	Gewebeherstellung	Färben/Veredelung	Montage	Distribution
<i>Klimawandel</i>	15 %	28 %	12 %	36 %	7 %	1 %
<i>Menschliche Gesundheit</i>	21 %	26 %	11 %	32 %	7 %	1 %
<i>Ökosystemqualität</i>	30 %	21 %	9 %	30 %	9 %	1 %
<i>Ressourcenverbrauch</i>	18 %	25 %	10 %	38 %	7 %	2 %
<i>Frischwasserentnahme</i>	31 %	23 %	11 %	27 %	8 %	0 %
Summe	115 %	123 %	53 %	163 %	38 %	5 %

Tabelle 2-1: Prozentuale Verteilung der Wirkungskategorien nach Lebenszyklusstadium im Verhältnis zur Gesamtauswirkung³¹

Die in der Tabelle enthaltenen Werte basieren auf einer durchgeführten Forschungsstudie aus dem Jahr 2018, in der als Bewertungsgrundlage Ökobilanzen, auch life cycle assessments (LCA) genannt, zugrunde gelegt worden sind. Mithilfe dieser Methodik lassen sich die potentielle Entnahme von Ressourcen und die Freisetzung von Emissionen eines Produkts während der spezifischen Lebenszyklusphasen bewerten. Eine Unterscheidung zwischen konventionellen und nachhaltig hergestellten Fasern wurde innerhalb dieser Betrachtung nicht angestellt. Die Analyse umfasst darüber hinaus nicht die Einbeziehung von Recyclingprozessen am Ende des Produktlebenszyklus. Derartige Prozesse sind vielseitig und werden aufgrund dessen in separierten LCA untersucht. Es wird im Rahmen der Studie jedoch davon ausgegangen, dass die Emissionen aus verschiedenen Entsorgungswegen (Wieder-/Weiterverwendung und Wieder-/Weiterverwertung) der textilen Produkte, im Verhältnis zum Rest des vorgelagerten textilen Lebenszyklus, als nicht prekär innerhalb der gesamtheitlichen Wertschöpfungskette hinsichtlich negativer Emissionen einzustufen sind. Dennoch ist es notwendig, auch die damit einhergehenden Umweltbelastungen zu evaluieren,

³⁰ Vgl. Notten und Kenya 2020, S. 19ff; United Nations o.J.

³¹ eigene Darstellung in Anlehnung an Chrobot et al. 2018

die durch Sammlung, den Transport und die eingesetzten Chemikalien in Verwertungsprozessen entstehen.³²

Der Einsatz von Rohmaterialien, Wasser, Chemikalien und Energie im textilen Lebenszyklus des globalen Bekleidungssystems resultiert in Emissionen in die Luft, das Wasser und den Boden.³³ Eine kreislauffähige Textilindustrie trägt zur Reduzierung des Rohstoffverbrauchs bei, sodass durch die Verringerung der Emissionen die Umwelt geschont wird. Studienergebnisse lassen darauf schließen, dass bereits die doppelte Nutzungsdauer von Produkten zu einer Halbierung der Klimaauswirkungen eines Textils führen kann.³⁴

2.4 Die Kreislaufführung in der Textil- und Bekleidungsindustrie

Ein Wertverlust von textilen Produkten entsteht dann, wenn die potentielle weitere Nutzung nach dem Gebrauch durch den Konsumenten in Form von Verwendungs- oder Verwertungsoptionen nicht ausgeschöpft wird. Einer thermischen Verwertung (Verbrennung) mit Energierückgewinnung oder Beseitigung der Abfälle soll durch die fünfstufige Abfallhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes entgegengewirkt werden. Zu diesem Zweck werden die Vermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung dem Recycling und der weiteren Verwertung als primäres Ziel bevorzugt.³⁵

Allgemein wird in Bezug auf das Ende der textilen Lebenszyklen zwischen dem des Materials und dem des Produktes unterschieden. Die Verlängerung der Nutzungsdauer steht dabei als wichtigste Maßnahme für die Verringerung der negativen Umweltauswirkungen im Vordergrund. Ist das Produkt aufgrund von diversen Einflüssen jedoch nach einmaliger oder mehrfacher Nutzungsdauer nicht mehr für die weitere Verwendung geeignet, sollte es den Verwertungswegen zugeführt werden. An dieser Stelle setzt das Materialrecycling an, dessen grundlegendes Ziel es ist, die gebundenen Rohstoffe zu erhalten und in den offenen oder geschlossenen Kreislauf zurückzuführen.³⁶

Um Recyclingtechnologien und Reparaturen auf unternehmensspezifische Alttextilien ausgerichtet durchzuführen, bedarf es Rücknahmesysteme, die in Form eines

³² Vgl. Notten und Kenya 2020, S. 20ff.

³³ Notten und Kenya 2020, S. 21.

³⁴ Vgl. Notten und Kenya 2020, S. 22; Gustav Sandin et al. 2019.

³⁵ Vgl. Kranert 2017, 2, 20ff.

³⁶ Vgl. Notten und Kenya 2020, S. 59.

Geschäftsmodells in die jeweilige Unternehmensstrategie integriert werden. Derartige Systeme existieren bereits innerhalb der Textil- und Bekleidungsindustrie und werden basierend auf Nachfrage der Konsumenten ausgebaut. Neben Möglichkeiten der Wiederverwendung in Form von Secondhand-Angeboten können textile Produkte nach der Sammlung zur Weiterverwendung genutzt oder durch Recyclingprozesse weiter verwertet werden.³⁷ Die zentrale Herausforderung liegt dabei in der mengenmäßigen und ökonomisch sinnvollen Rückführung der textilen Produkte an die Unternehmen und deren entsprechende Kooperationspartner.

Die Sammlung kann dazu auf unterschiedliche Arten angeboten und durchgeführt werden. Verbraucher:innen können die gebrauchten textilen Produkte mithilfe von Versandtaschen etc. den entsprechenden Unternehmen postalisch zukommen lassen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Sammelboxen innerhalb der Unternehmensstandorte zu positionieren.³⁸ Insbesondere für weiterführende Recyclingprozesse sollte im Zuge der Integration derartiger Systeme der Frage nachgegangen werden, ob die Rücknahme von textilen Produkten ausschließlich für eigene vertriebene Produkte angeboten oder Produkte von fremden Herstellern erweitert wird. Die detaillierte Kenntnis über Faserzusammensetzungen und spezifische Funktionalisierungen kann Recyclingprozesse unterstützen und ist mitunter notwendig. Darüber hinaus wird in diesem Zuge die entsprechende Verwertungsmöglichkeit von nicht sortenreinen Materialien angeknüpft. Für die erneute Wiedereingliederung von textilen Fasern in Form von Rezyklaten innerhalb neu hergestellter Produkte ist es notwendig, sowohl die Sammlung als auch den Recyclingprozess auf sortenreine bzw. Mischfasern auszurichten.³⁹

³⁷ Vgl. H & M Hennes & Mauritz GBC AB 2022; Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie 2022.

³⁸ Vgl. Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie 2022.

³⁹ Vgl. Kit und Ecodesign 2022.

3 Marktübersicht von Rücknahmesystemen für die textile Aufbereitung und Verwertung

Um die Kreislaufführung und die Langlebigkeit der Textilien zu fördern, bieten bereits viele Bekleidungshersteller und Retailer Reparaturarbeiten an. Für Verbraucher:innen besteht die Möglichkeit, beschädigte Kleidung fachgemäß reparieren zu lassen. Hier reichen die Leistungen von professioneller Reinigung mit anschließender Imprägnierung bis zu Kunststofferei oder dem Austausch defekter Reißverschlüsse. In einigen Unternehmen gilt dieser Service auch außerhalb der Garantie, jedoch behalten sich einige Hersteller vor, defekte Textilien nur innerhalb der Garantie zu reparieren oder zusätzliche Gebühren zu erheben.⁴⁰

3.1 Rücknahmesysteme zur Aufbereitung

Die Rücknahmesysteme zur textilen Aufbereitung und Reparatur umfassen die Rücknahme über den stationären Einzelhandel, die Rücknahme über den Versand, die Rücknahme durch einen Abholservice und weitere Systeme, wie z. B. Reparaturbusse. Sie werden im Folgenden näher vorgestellt.

3.1.1 Rücknahme über den stationären Einzelhandel

Die Rückführung über den stationären Handel erfolgt durch den Einzelhändler oder den Bekleidungshersteller. In lokalen Geschäften können Verbraucher:innen vor Ort Reparaturen beauftragen und defekte textile Produkte des entsprechenden Herstellers abgeben bzw. direkt reparieren lassen. Im Falle der Rücknahme des Fachhandels setzt sich dieser mit dem Hersteller in Verbindung und sendet das beschädigte Textil dem Hersteller zu. Nach Wareneingang werden die Schäden auf Reparaturfähigkeit von Fachpersonal geprüft und ein Kostenvoranschlag an den Händler versendet, der sich mit dem beauftragten Kund:innen in Verbindung setzt. Sobald die Kund:innen nach Erhalt eines Kostenvoranschlages der Leistung zustimmen, wird die Reparatur durchgeführt und die Kund:innen können anschließend ihre reparierte Kleidung in der Filiale entgegennehmen.⁴¹

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, Reparaturarbeiten in integrierten Filialwerkstätten durchführen zu lassen. Dieses System wird zum Beispiel von einem deutschen

⁴⁰ Vgl. online: Schöffel Sportbekleidung GmbH o. J.; Black Diamonds 2022.

⁴¹ Vgl. online: Schöffel Sportbekleidung GmbH o. J.; JACK WOLFSKIN Retail GmbH 2022.

Outdoor-Händler bereits umgesetzt, indem Verbraucher:innen die Textilien abgeben und unmittelbar reparieren lassen können. Wird für die Bearbeitung der Schäden mehr Expertise benötigt, so wird die Reparatur von einem externen Serviceteam durchgeführt.⁴²

Beispiele: Schöffel Sportbekleidung GmbH, Transa Backpacking AG, VAUDE Sport GmbH & Co. KG, Globetrotter Ausrüstung GmbH, Mammut Sports Group GmbH, Gertraud Grötzmeier, JACK WOLFSKIN Retail GmbH, The North Face VF Corporation

3.1.2 Rücknahme über den Versandweg

Eine weitere Möglichkeit zur Rücknahme besteht über den Versandweg direkt von den Kund:innen aus mit vorheriger digitaler Beauftragung der Reparatur. Die Kund:innen senden dem Bekleidungshersteller oder der Reparaturwerkstatt zunächst ihre Daten und entsprechende Fotos des zu bearbeitenden Schadens zu. Nach einer Überprüfung der Reparierfähigkeit durch den Hersteller, können die Kund:innen das textile Produkt über den Versandweg abgeben. Ob die Kund:innen oder der Hersteller für den Versand bezahlen, ist unterschiedlich. Nach der Reparatur erfolgt die Zusendung der instandgesetzten Ware zurück an die Kund:innen über den Postweg.

Beispiele: Patagonia Inc., Sneaker Rescue UG, Outdoor Textile Repair, Globetrotter Ausrüstung GmbH, Outdoor Service Team, Black Diamond Equipment Europe GmbH, Mammut Sports Group GmbH, Gertraud Grötzmeier, JACK WOLFSKIN Retail GmbH, The Restory, Massold Design, MonCordonnier.com SAS

3.1.3 Rücknahme durch Abholservice

Auf dem französischen Markt wird diese Art der Rücknahmemodelle bereits von einem digitalen Reparaturservice für Schuhe, Taschen und Kleinlederwaren angeboten. Die Beauftragung der Reparatur erfolgt ähnlich wie im zuvor dargestellten Rücknahmesystem. Verbraucher:innen können über die Website des Reparaturservice die gewünschte Leistung in Auftrag geben. Die beschädigten Schuhe o. Ä. werden dann aber nicht postalisch durch die Kund:innen versandt, sondern an einem von dem Verbraucher:innen zuvor definierten Ort unter Terminvereinbarung vom Reparaturservice abgeholt und nach der Reparaturdienstleistung zurück an die Kund:innen geliefert. Dieser Abhol- und Lieferservice wird mittels E-Rollern oder Fahrrädern durchgeführt. Der Service wird aktuell nur in Paris und Umgebung angeboten. Für Verbraucher:innen die außerhalb des Grenzraumes leben, können

⁴² Vgl. online: Globetrotter Ausrüstung GmbH o. J.

in Frankreich gängige Versanddienstleister für die Abholung und Lieferung beauftragt werden.⁴³

Beispiel: Galoche & Patin SAS

3.1.4 Sonstige Systeme

Neben den dargestellten Rücknahmesystemen sind auf dem Markt weitere Reparatur Servicemöglichkeiten für Verbraucher:innen etabliert. Es bestehen beispielsweise Reparaturbusse, die mit fachkundigem Personal reparaturbedürftige Textilien annehmen und sie vor Ort für Verbraucher:innen ohne bestehende Kosten reparieren. Dieses Konzept wird von Patagonia in den Vereinigten Staaten durchgeführt. Sie gehen mit dieser Dienstleistung auf Tour und sind auch international zu vorab definierten Terminen an verschiedenen Orten vorzufinden, unter anderem auch in Deutschland.⁴⁴

Des Weiteren bestehen unabhängige Onlinedienste, die es Verbraucher:innen ermöglichen, eine geeignete Reparaturdienstleistung für textile Produkte zu finden. Hierfür wird der Schaden auf der Website des Dienstes dokumentiert und anhand der Daten ein passender Reparaturdienst in der Umgebung erfasst. Solch ein Instrument kann Verbraucher:innen einen vereinfachten Zugang zu Reparaturdienstleistungen gewährleisten und dadurch einen Beitrag zur Verlängerung des Lebenszyklus textile Produkte leisten.⁴⁵

Die im Rahmen des Projekts Re³Tex interviewten Expert:innen wurden gefragt, in welchen Bereichen des Unternehmens Aufbereitungs- und Reparaturarbeiten bereits genutzt würden. Hier benannten die Bekleidungshersteller und Retailer sowohl Ansätze für das B2B- als auch das B2C-Segment. Im Business-to-Business Kontext wird mangelhafte Ware von den Produzenten aufbereitet, damit Qualitätsstandards eingehalten werden können, so ein Unternehmen. Ein anderer Experte sagte, dass größere Fehllieferungen mit den Lieferanten gemeinsam bearbeitet werden, um im Sinne der Nachhaltigkeit die Produkte noch verkaufsfähig zu gestalten. Zudem könnten kleinere Fehler als auch Retouren vor Ort bearbeitet werden, damit sie nicht entsorgt werden müssen. Um die Nutzungsdauer der textilen Produkte zu verlängern, bieten einige befragte Unternehmen für ihre Endkund:innen (B2C Kontext) einen Reparaturservice, wie zuvor beschrieben, im eigenen Nähsaal bzw. in Werkstätten in den Filialen an. Dort werden Imprägnierungen durchgeführt, Knöpfe oder Reißverschlüsse ausgetauscht und bei Bedarf wird mit externen Aufbereitern zur Waschung

⁴³ Vgl. Dewintre 2022; Galoche & Patin 2022.

⁴⁴ Vgl. Haimerl 2022.

⁴⁵ Vgl. Zalando Corporate Website 2021; A-Gain Guide 2021.

zusammengearbeitet. Ein weiterer Outdoor-Bekleidungshersteller setzt auf Pflege- und Reparaturanleitungen, die den Verbraucher:innen online zur Verfügung gestellt werden, sodass Mängel anhand der Anleitung eigenständig repariert werden können. Zudem wird angeboten, defekte Bekleidung an einen Dienstleister einzuschicken, sodass die Reparaturarbeiten extern durchgeführt werden. In der Regel entstehen im Garantiefall bei den befragten Unternehmen keine Kosten für die textile Reparatur und Aufbereitung, außerhalb der Garantie kann es zu einer Kostenübernahme durch die Kund:innen kommen, wobei zuvor ein Kostenvoranschlag erstellt wird, um abzuwägen, ob der Aufwand verhältnismäßig lohnenswert ist.

3.2 Rücknahmesysteme zur Verwertung

Zusätzlich zu den Systemen für die textile Aufbereitung werden entsprechende Rücknahmesysteme auch für die Sammlung von verwertbaren oder wiederverwendbaren Produkten genutzt. Sie sind vielfältig und wurden zum Teil von Bekleidungsunternehmen bereits in bestehende Geschäftsprozesse integriert. Gesammelte Artikel werden dazu zu Sortierern transportiert und nach Verwendungszweck entsprechend sortiert. Diese Gruppierung umfasst tragbare Textilien, die zum Weiterverkauf oder der Weiter- und Wiederverwendung geeignet sind, und nicht mehr tragbaren Textilien zur Verwertung.

Auf dem Markt werden bereits differenzierte Verwendung und Verwertungssysteme durchgeführt. Nachfolgend werden beispielhaft einige dieser Systeme und die unternehmensspezifischen Umsetzungen vorgestellt.

Das Unternehmen *Globetrotter Ausrüstung GmbH* transportiert die konsolidiert gesammelten Textilien durch die Rücknahme über den stationären Einzelhandel zu einer Sortieranlage. Hier wird jedes einzelne Textil von Hand sortiert und anhand seines bestmöglichen Verwendungszwecks kategorisiert. Noch tragbare Textilien, ca. 60 % der Ware, werden so lange wie möglich in ihrem Originalzustand im geschlossenen Kreislauf gehalten und als Secondhand-Mode vermarktet. Textilien, die nicht mehr tragbar sind (ca. 35 %) werden mechanisch recycelt und dienen als Rohstoff für die Produktion von Putzlappen, Isolationsmaterialien oder Malervlies. Während dieses Prozesses werden Knöpfe und andere harte Materialien abgesondert und an Metallverarbeiter weitergegeben. Zudem werden aus einem kleinen Teil der Recyclingware, Fasern für die Herstellung von neuem Textilgarn gewonnen. Dies ist jedoch nur möglich, wenn es sich dabei um sortenreine Materialien wie z. B. 100 % Wolle oder Baumwolle handelt. Ein hochwertiger Wiedereinsatz der Fasern im

Textil- und Bekleidungsbereich ist mit den derzeitigen Recyclingverfahren nur mit einem möglichst sortenreinen Material zu realisieren.⁴⁶

Das Unternehmen *The North Face VF Corporation* ermöglicht es über das Programm „Clothes the Loop“ (Schließe den Kleider-Kreis) alte Kleider und Schuhe bei den Einzelhandels- und Outlet-Geschäften von The North Face abzugeben. Durch die Abgabe von gebrauchten Kleidern und Schuhen (unabhängig davon in welchem Zustand und von welcher Marke) wird ein Coupon ausgehändigt. Die Artikel werden in den Containern gesammelt und an ein Recyclingunternehmen geschickt, in dem sie sorgfältig in über 400 Kategorien sortiert werden. Sie werden dann für einen neuen Zweck eingesetzt, um ihre Lebensdauer zu verlängern. Darüber hinaus können diese zu Rohstoffen weiterverarbeitet, oder zu neuen Produkten wie Isoliermaterialien, Teppichunterlagen, Füllmaterial für Stofftiere oder rezyklierte Fasern für neue Kleidung Anwendung finden.⁴⁷

Bereits seit August 2021 können auch Kund:innen der *The Timberland Company* in den USA Schuhe, Bekleidung und Accessoires des Labels in den Markenstores zurückgeben, um sie für den Wiederverkauf auf einer geplanten "Re-Commerce"-Plattform aufzuarbeiten oder zu einem neuen Produkt zu recyceln.⁴⁸

Die Artikel des Unternehmens *PYUA Protection GmbH* werden aus bereits recyceltem bzw. recycelfähigem Material angefertigt und können durch ein in dieser Art aktuell weitgehend einzigartiges Rücknahmesystem komplett wiederverwendet werden. Alle eingesetzten Materialien der hochtechnischen 3- und 2-Lagen Produkte können rezirkuliert werden. Insbesondere die Sortenreinheit ist Voraussetzung dafür, dass der Kreislauf geschlossen werden kann.⁴⁹

⁴⁶ Globetrotter Ausrüstung GmbH 2022.

⁴⁷ The North Face o.J.

⁴⁸ Vgl. Textilwirtschaft 2021.

⁴⁹ PYUA Protection GmbH.

4 Textile Reparatur- und Aufbereitungsmethoden als Instrument zur Verlängerung der Nutzungsdauer

Bis Mitte des 19. Jahrhunderts wurde Textilrecycling als haushaltsübliche Praxis des Reparierens, Änderns, Flickens, Ausbesserns und Nähens definiert, um mit knappen Ressourcen sparsam umgehen zu können. Chemisches oder mechanisches Textilrecycling war damals noch nicht in der Begriffserklärung umfasst. Die Praktiken der Wiederverwendung von Textilien erforderten Geschicklichkeit, Können und Kreativität. Diese Art der Wiederverwendung war eng mit dem moralischen und ethischen Gedanken verbunden, die Verschwendung materieller Gegenstände zu unterbinden. Das Reparieren von Textilien mittels Stopf- und Näharbeiten war bis in die 1970er Jahre eine wichtige und auch wirtschaftliche notwendige Aufgabe.⁵⁰

Heute hat sich die Textil- und Bekleidungsindustrie deutlich verändert und weiterentwickelt, jedoch ist das Reparieren von Textilien immer noch relevant und rückt wieder in den Fokus. Durch die Behebung produktspezifischer Beschädigungen oder Fehlfunktionen und der damit in Verbindung stehenden Aufrechterhaltung der funktionellen Nutzungsdauer kann der Umgang mit bestehenden Ressourcen nachhaltig verbessert werden.⁵¹

Auf die Frage, welche Rolle die textile Aufbereitung und Reparatur im Unternehmen spielen und warum, antworteten die Bekleidungshersteller und Retailer im Rahmen der durchgeführten Interviews wie folgt:

„Es ist wichtig und es erhöht ja auch den Markenwert sowie den Nachhaltigkeitsgedanken. Es werden Kundenwünsche erfüllt, um maximale Kundenbefriedigung zu erhalten. Wir haben eine fünf Jahresgarantie auf Material sowie auf Zutat und wenn eine Reklamation kommen sollte, wird das kostenfrei repariert.“

⁵⁰ Vgl. Palmsklöd 2015.

⁵¹ Vgl. Bizer et al. 2019.

„Es spielt eine große Rolle. Wir bieten allen unseren Kund:innen die Möglichkeit an, kaputt gegangene Produkte wieder zu reparieren, wenn z. B. ein Reißverschluss kaputt ist, ein Loch irgendwo drinnen ist, eine Naht aufgeht usw. Je nachdem was es für ein Problem ist, machen wir das auf eigene Kosten oder der Kunde kann einen kleinen Betrag zahlen und wir reparieren das. Wir arbeiten aktuell mit einer Näherin aus der Ukraine zusammen die hier Zuflucht gesucht hat in unserer Region und das sehr professionell umsetzt.“

“Es spielt eine große Rolle. Da die Bekleidungsstücke oft teuer sind und eine emotionale Verbindung besteht, werden Teile oft repariert.“

Auf die Frage, welche Mängel im B2C-Segment am häufigsten auftreten, nannte eines der vier befragten Unternehmen defekte Reißverschlüsse an erster Stelle. Als zweites wurde die Materialermüdung genannt, indem ein bestimmtes Material oft reißt. Auch ein Bekleidungsunternehmen aus der Outdoor-Branche nannte defekte Reißverschlüsse als den häufigsten Reklamationsgrund, insbesondere an Rucksäcken und Jacken. Bei den weiteren befragten Unternehmen lagen keine Informationen zu wiederkehrenden Mängeln und Reklamationen vor.

Eine Übersicht zu den am häufigsten auftretenden Defekten im B2B-Markt des textilen Aufbereitungs-Unternehmens IQS Solutions GmbH liefert Abbildung 4-1.

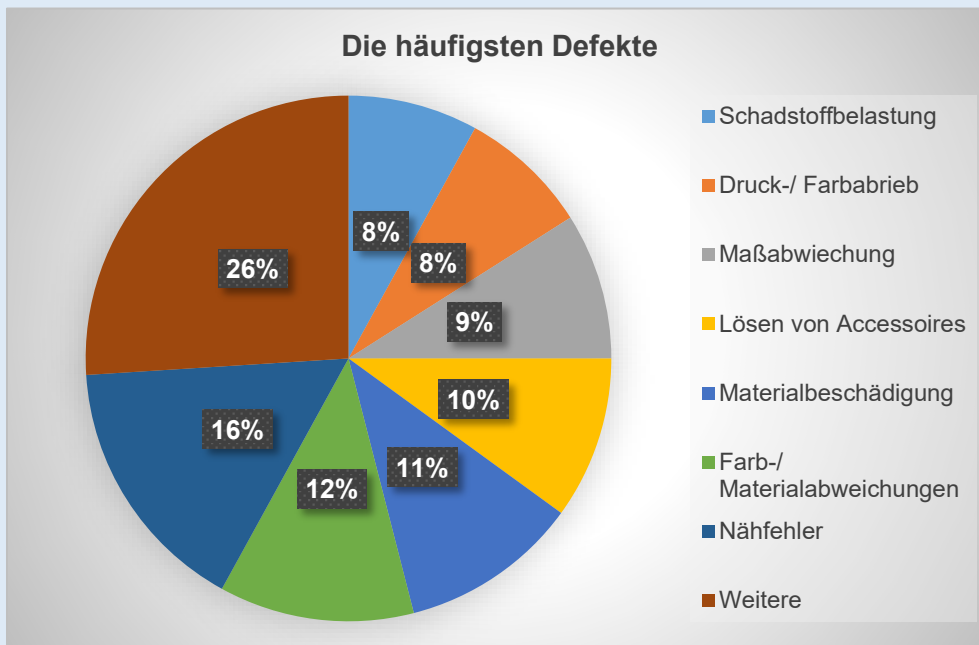


Abbildung 4-1: Häufige Defekte in der textilen Aufbereitung⁵²

Der größte Anteil, über ein Viertel, lässt sich nicht eindeutig definieren, da die Anfragen der auftraggebenden Unternehmen zur Aufbereitung zum Teil sehr divers und individuell sind. Zu den häufig auftretenden und identifizierbaren Defekten gehören Nähfehler, Farb-/Materialabweichungen, Materialbeschädigungen und das Lösen von Accessoires. Zudem treten Maßabweichungen, Druck-/Farbabrieb und Schadstoffbelastungen zu jeweils mindestens 8 % auf.

Ebendiese sich wiederholenden Defekte können durch eine entsprechende Aufbereitung und Reparaturarbeit behoben werden. Die Kenntnis über die Schwachstellen der eigenen Produkte, aber auch der Möglichkeiten diese zu beheben, liefern eine wichtige Basis. Indem die Informationen bereits in der Produktentwicklung und Produktion in besonderem Maße berücksichtigt werden, können Defekte von vornherein reduziert werden. Gleichzeitig können gezielt Reparaturen angewandt werden und somit eine vorzeitige Vernichtung der Textilien vermieden werden. Zu diesem Zwecke werden im nachfolgenden Kapitel die gängigen Methoden der textilen Aufbereitung und Reparatur dargestellt. Darüber hinaus wird der Einfluss textiler Produkteigenschaften auf das Aufbereitungs- und Reparaturpotenzial erläutert.

⁵² eigene Darstellung in Anlehnung an IQS Solutions GmbH (Thomas, Semih) 2022.

4.1 Methoden der textilen Aufbereitung und Reparaturarbeiten

Die Methoden der textilen Aufbereitung und Reparaturarbeiten lassen sich in Reinigungsverfahren, Veredelungsverfahren und nähtechnische Reparaturen unterteilen.

Reinigungsverfahren dienen zur Pflege und Beseitigung festsitzender Verschmutzungen von Textilien. Veredelungsverfahren wie die Imprägnierung von Funktionstextilien oder der Farbkorrektur ausgebleicher, verwaschener, verfärbten Bekleidungswaren können die Funktionalität auffrischen und somit die Lebenszyklen der Produkte verlängern. Sind Textilien durch mechanische Einflüsse beschädigt, können diese mit speziellen Nähmethoden oder Hilfsmitteln ausgebessert werden.

Insgesamt umfassen die Methoden für die textile Aufbereitung die Desinfektion, die Schimmelbeseitigung, die chemische Reinigung, die Detachur, die Farbkorrektur, die Imprägnierung, das Stopfen, das Flickern, das Anbringen oder Austauschen von Verschlussmitteln sowie nähtechnische Reparaturen (vgl. Abbildung 4-2). Diese Verfahren werden beginnend mit den Reinigungsmethoden, gefolgt von Veredelungsverfahren und Methoden der Behebung mechanischer Beschädigungen näher ausgeführt.

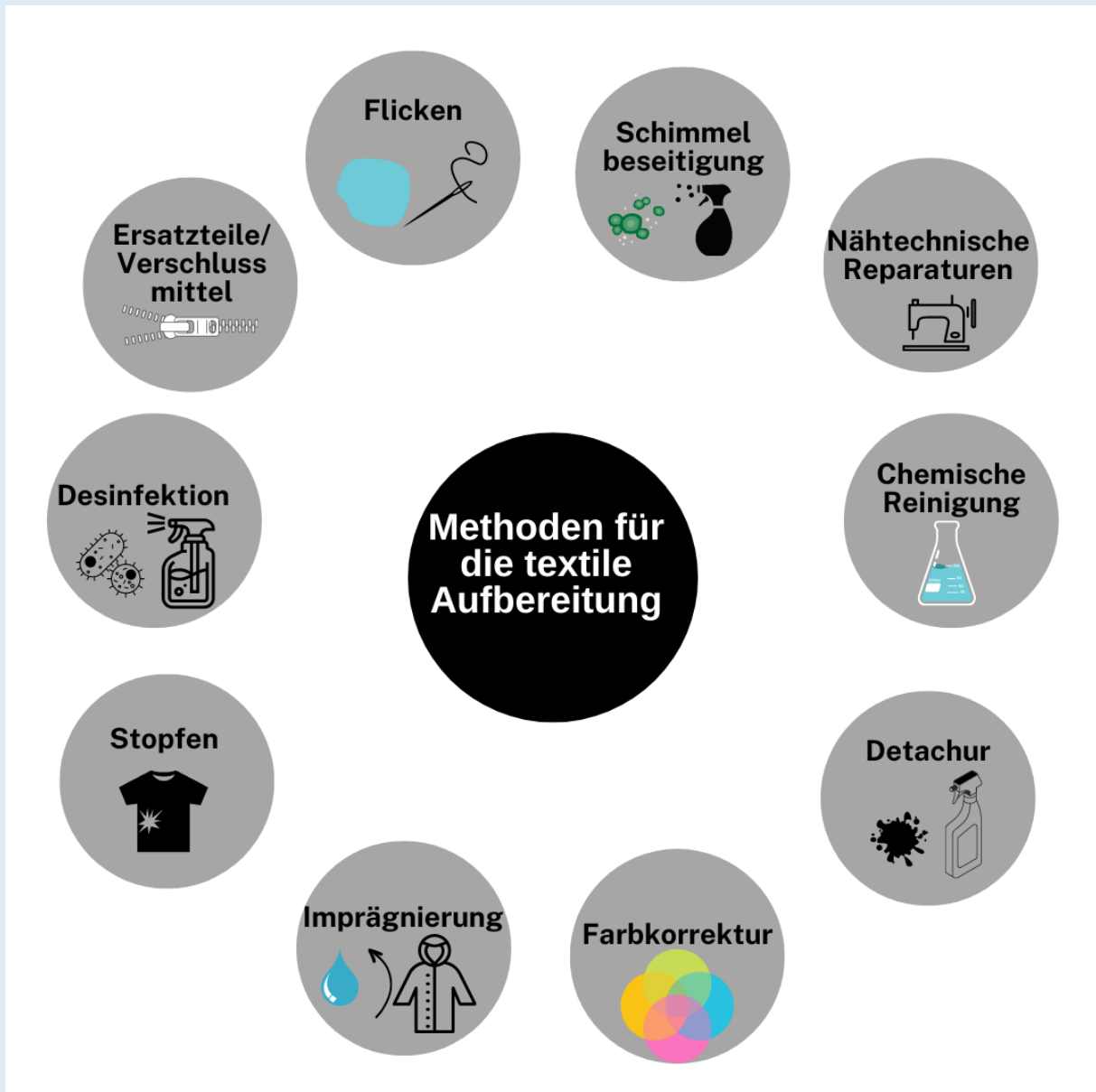


Abbildung 4-2: Methoden für die textile Aufbereitung⁵³

4.1.1 Desinfektion

Zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Textilien wird die Desinfektion als Methode der textilen Aufbereitung genutzt. Besonders bei der Aufbereitung von Alttextilien zur Wiederverwendung ist die Desinfektion unabdingbar. Dieses Verfahren sorgt für die Beseitigung möglicher Kontamination, wie Körperausscheidungen, Viren oder schädlicher Chemikalien, die von vorherigen Verbraucher:innen stammen könnten. Die Desinfektion von Textilien wird in der Wäscherei durchgeführt und die Bekleidung wird mit bakteriziden,

⁵³ eigene Darstellung

fungiziden und viruziden Desinfektionsmitteln behandelt. Grundlegend wird in drei Methoden zu Desinfektion von Textilien unterschieden: das chemische, thermische und chemo-thermische Verfahren.⁵⁴

Bei dem chemischen Verfahren werden die Textilien im Einlegeverfahren behandelt. Mit Wirkstoffen, wie Aldehyde, Phenole, Tetrachlorethen (PER)-Verbindungen oder Chlorverbindungen kann die Desinfektion durchgeführt werden.⁵⁵

Das thermische Verfahren der Desinfektion ist ein vom Robert-Koch-Institut (RKI) vorgeschriebener Prozess, der für infektionsverdächtige Textilien angewandt wird. Hierbei wird die Waschflotte aufgeheizt, bis im Inneren der Wäsche eine Temperatur von 85 °C bis 90 °C erreicht wird. Sobald diese Temperatur für mindestens 15 Minuten gehalten wurde, ist die Desinfektion abgeschlossen.⁵⁶

Im chemo-thermischen Verfahren werden die bereits beschriebenen Methoden kombiniert. Die Waschflottentemperatur wird für eine bestimmte Zeit unter Einwirkung der chemischen Hilfsmittel gehalten. Das RKI empfiehlt hierzu die Verwendung von Wirkstoffen die aus Phenolen, chlorabspaltenden Präparaten und Peressigsäuren bestehen.⁵⁷ Ein konkretes Beispiel für die Desinfektion stellt die Schimmelbeseitigung dar.

4.1.2 Schimmelbeseitigung

Durch verschiedene Rahmenbedingungen bei der Lagerung kann die Ausbreitung von Schimmelpilzsporen begünstigt werden. Werden Textilien zum Beispiel unsachgemäß bei einer Luftfeuchtigkeit ab ca. 55 % zwischendeponiert, saugen sie die Feuchtigkeit kapillarartig auf und der Schimmel kann sich in Kombination mit erhöhten Temperaturen auf dem Textil ausbreiten.⁵⁸ Schimmel wird vorrangig durch einen modrigen Geruch sowie durch Flecken auf einem Textil identifiziert. Bei einer oberflächlichen Kontamination mit Schimmelpilz ist es möglich, die Textilien von dem Schimmel durch eine Reinigungsbehandlung zu befreien. In Kombination mit hohen Wassertemperaturen und der Zugabe des desinfizierenden Lösemittels Chlor können die Pilze abgetötet werden. Diese Anwendung kann bei stärkerem Befall wiederholt werden. Zur Unterstützung werden auch feinporige Anschwemmfilter verwendet, die auf den Textilien haftenden Sporen beseitigen können. Sind Garne und Fasern

⁵⁴ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 224.

⁵⁵ Vgl. ebd., S. 224.

⁵⁶ Vgl. ebd., S. 224.

⁵⁷ Vgl. ebd., S. 224.

⁵⁸ Vgl. Klaus 2015; vgl. Himmelsbach 2015, S. 59.

der Textilien von dem Schimmelpilz befallen, lassen sich diese meist nicht vollständig entfernen, da sie sonst zu Beschädigungen des gesamten Gewebes, Gestricks oder der Garnstrukturen führen.⁵⁹

Aufgrund des Bleicheffekts von Chlor ist es notwendig, bei der Schimmelbeseitigung von farbigen Textilien alternative Reinigungsmittel zu verwenden.⁶⁰ Hierzu zählen z. B. Wasserperoxid oder Nanosilber.⁶¹ Auch Haushaltsmittel wie Essig, Backpulver oder Teebaumöl können dazu eingesetzt werden, diese finden jedoch in der Regel keine Anwendung im professionellen Umfeld.⁶²

4.1.3 Chemische Reinigung

Die chemische Reinigung ist ein professionelles Reinigungsverfahren für Textilien, in der organische Lösungsmittel anstelle von Wasser als Reinigungsflüssigkeit genutzt werden. Naturfasern verhalten sich in unpolaren Lösungsmitteln wie in einem trockenen Milieu und weisen gegenüber dem Verhalten im Wasser kein Quellvermögen auf, also die Vergrößerung des Faserdurchmessers die durch eine Flüssigkeitsaufnahme z. B. von Wassermolekülen bedingt ist. Aus diesem Grund wird das Verfahren international auch als Trockenreinigung (Dry Cleaning) definiert.⁶³ Dadurch, dass die eingesetzten Lösungsmittel, wie z. B. aliphatische Kohlenwasserstoffe (KWL) aufgrund hoher Polaritäten der Textilfasern nicht von diesen aufgenommen werden, werden neben dem fehlenden Quellvermögen auch die Knitterneigung und das Schrumpfverhalten der Textilien minimiert. Aus diesem Grund zählt die chemische Reinigung zu den schonenden Verfahren in der Textilreinigung und eignet sich besonders für Textilien aus Naturfasern wie Baumwolle, tierische Wolle oder Seide.⁶⁴

Der Reinigungsvorgang der chemischen Reinigung läuft in vorgesehenen Maschinen in unterschiedlichen Stufen ab und wird in Filterkreislauf und Pumpenkreislauf differenziert. Zunächst wird die zu reinigende Ware in die Trommel der Maschine eingelegt, in der der Reinigungsprozess stattfindet. Das gewählte Lösungsmittel wird in der nun drehenden Trommel zugegeben und strömt durch die Ware durch. Die durch den Prozess von den Textilien abgelösten Verschmutzungen werden im Filterkreislauf durch ständige Filtration

⁵⁹ Vgl. Himmelsbach 2015, S. 59.

⁶⁰ Vgl. Klaus 2015.

⁶¹ Vgl. Metzner 2022.

⁶² Vgl. Kraus 2022.

⁶³ Vgl. Hasenclever 2007, S. 409; vgl. Puchta und Grünwälder 1973, S. 157.

⁶⁴ Vgl. Hasenclever 2007, S. 410.

während des Vorgangs aus der Reinigungsflotte entfernt. Dies verhindert, dass sich der gelöste Schmutz erneut an die Textilien anheften kann (Vergrauung). Deshalb ist es notwendig, die Reinigungsflotte bzw. das Lösungsmittel stets sauber zu halten. Im Pumpenkreislauf werden nur grobe Verschmutzungen ohne zusätzliche Filtration entfernt. Um eine Vergrauung der Textilien zu verhindern, wird der Reinigungsprozess im Pumpenkreislauf nicht länger als drei Minuten durchgeführt. Nachdem der Reinigungsvorgang der zu behandelnden Textilien erfolgt ist, wird das Lösungsmittel durch Destillation im dafür vorgesehenen Destillationsbehälter gereinigt, um es erneut in den Reinigungszyklus führen zu können. Währenddessen wird das Textil in der Reinigungsmaschine durch Heißluftzufuhr bei max. 60 °C getrocknet. Dabei wird das Lösemittel durch Kondensation des während des Trockenvorgangs entstehenden Dampfes aufgefangen und wiederverwendet.⁶⁵

Die optimale Schmutzentfernung wird bei größtmöglicher Schonung der Ware erwartet und kann durch die Faktoren Anzahl der Bäder, Flottenniveau, Einsatz des Filters, Lösungsmittel sowie Bearbeitungszeit beeinflusst werden. Unterschieden werden diese Kombinationen in Zweibadverfahren, Einbadverfahren und Einbadschonverfahren.

Zweibadverfahren

Das Zweibadverfahren wird zunächst im Pumpenkreislauf und anschließend im Filterkreislauf durchgeführt. Der Reinigungsprozess im Pumpenkreislauf findet in einem geringen Flottenniveau und für ca. zwei bis drei Minuten statt. Dieser Vorgang dient zur Vorbehandlung der Textilien und hilft, grobe Verschmutzungen zu entfernen. Die verschmutzte Reinigungsflotte wird aus der Trommel abgepumpt, die in der Trommel enthaltenen Textilien zwischengeschleudert und anschließend mit frischem Lösungsmittel auf ein hohes Flottenniveau aufgefüllt. Der Reinigungsprozess findet nun im Filterkreislauf statt, indem die Reinigungsflotte kontinuierlich gefiltert wird. In diesem Verfahren können bei Bedarf Reinigungsverstärker beigemischt werden, um lösemittelunlösliche Flecken wie z. B. Blut zu entfernen. Dieser Reinigungsprozess wird ca. sechs bis acht Minuten durchgeführt und nach anschließendem Schleudern bei max. 60 °C getrocknet. Das Reinigen im Zweibadverfahren eignet sich insbesondere für normal verschmutzte und dunkle Ware, für stark verschmutzte Ware wie z. B. Arbeitskleidung oder für weiße Ware.⁶⁶

⁶⁵ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 242; vgl. Hasenclever 2007, S. 410.

⁶⁶ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 245.

Einbadverfahren

In diesem Verfahren findet der Reinigungsprozess in einem Bad statt und wird nur in einem Reinigungskreislauf, dem Filterkreislauf, durchgeführt. Hierfür wird die Reinigungsflotte schon zu Beginn des Reinigungsprozesses auf ein hohes Flottenniveau in der Trommel aufgepumpt. Im Einbadverfahren wird der Reinigungsprozess ca. neun Minuten lang durchgeführt. Sind zur Fleckenentfernung Reinigungsverstärker notwendig, können diese nach zwei Minuten zur Reinigungsflotte hinzugefügt werden. Nach dem Reinigungsprozess wird die Ware geschleudert und anschließend bei 50 °C bis 60 °C getrocknet. Das Einbadverfahren eignet sich insbesondere für leichte Verschmutzungen bei heller und dunkler Ware.⁶⁷

Einbadschonverfahren

Die Schmutzbehandlung von Textilien aus hochwertigen und empfindlichen Fasern wie Kaschmirwolle oder Seide erfordert eine spezielle und schonende Pflege. Für solche Textilien kann das Einbadschonverfahren genutzt werden. In diesem Verfahren wird der Prozess ähnlich wie im Einbadverfahren durchgeführt jedoch werden hier die Drehzahl der Trommel, die Belademenge sowie die Trocknungstemperatur herabgesetzt, um einen schonenden Prozess zu ermöglichen.⁶⁸

Derzeit werden in der chemischen Reinigung die Lösungsmittel PER, KWL, Polypropylenglykoether, Dibutoxymethan und Cyclosiloxan D5 verwendet, die für nahezu alle Faserarten genutzt werden können.⁶⁹ Mithilfe dieser unpolaren Lösungsmittel werden hydrophobe Verschmutzungen wie Öle oder Fette von den Textilien entfernt. Hydrophile Verunreinigungen wie Zucker, Salze, Lebensmittel oder körperliche Ausscheidungen können hierdurch jedoch nicht gereinigt werden. Um Verschmutzungen dieser Art entfernen zu können, ist die Verwendung spezifischer Reinigungssubstanzen notwendig, die ein ähnliches Verhalten wie Seife in Wasser aufweisen und die Reinigungsleistung erhöhen.⁷⁰

In der chemischen Reinigung werden insbesondere Tenside verwendet. Tenside sind grenzflächenaktive Stoffe und weisen eine Molekülstruktur auf, die aus einem unpolaren/hydrophoben und einem polaren/hydrophilen Teil besteht. Sie befinden sich zu einem geringen Anteil in haushaltsüblichen Waschmitteln und werden in erster Linie ebenfalls

⁶⁷ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 246.

⁶⁸ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 246.

⁶⁹ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 250f.

⁷⁰ Vgl. Hasenclever 2007, S. 410.

primär zur Entfernung von unpolaren Verschmutzungen wie Fette und Öle verwendet. Hierfür lagern sich die unpolaren Teile der Tenside um die unpolare Verschmutzung und tragen diese in der Reinigungsflotte von dem Textil ab (vgl. Abbildung 4-3).

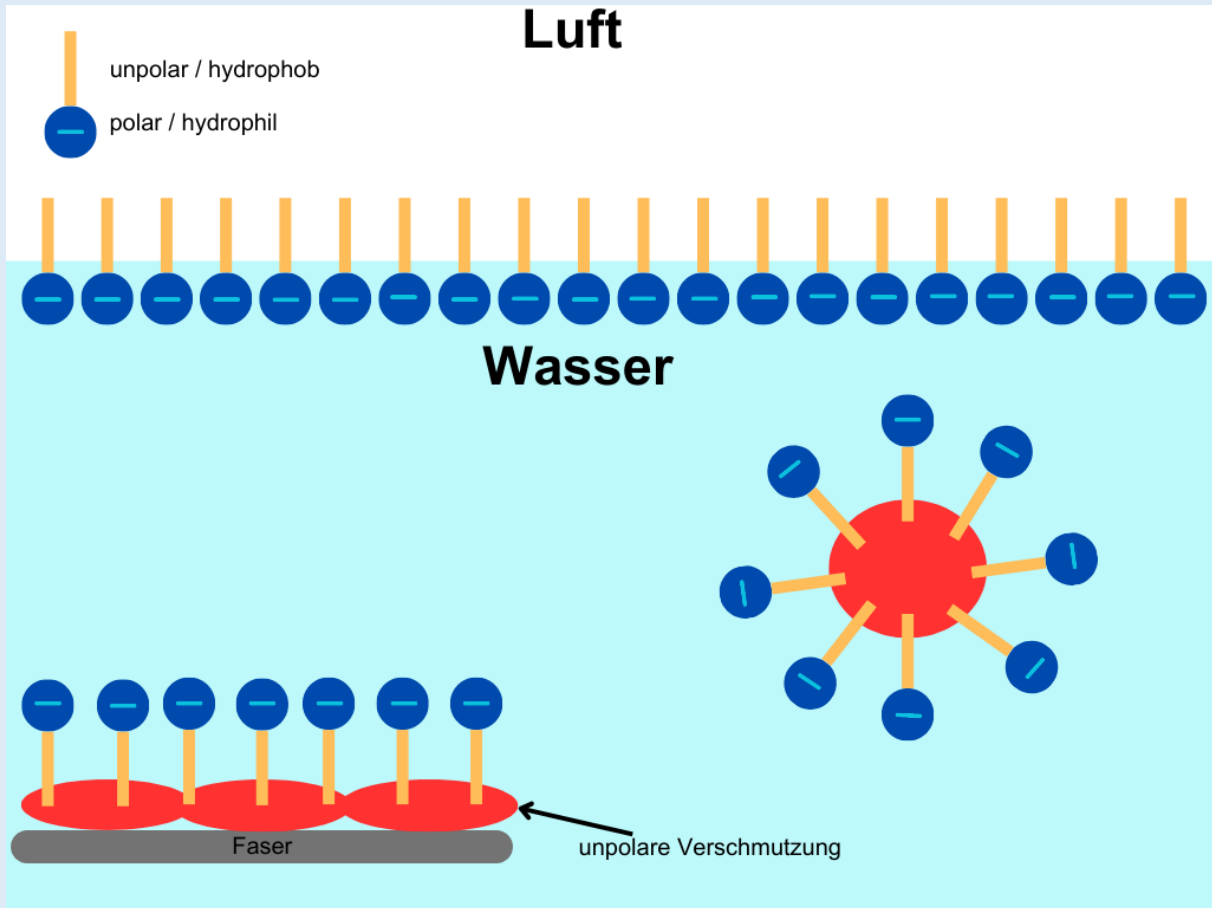


Abbildung 4-3: Prinzip der Reinigung mittels Tensiden⁷¹

Bei Verwendung von unpolaren Lösungsmitteln und gleichzeitigem Einsatz von Tensiden läuft dieses Prinzip in entgegengesetzter Richtung, indem nicht der unpolare Molekülteil reagiert, sondern der polare. Hierfür lagern sich die Tenside mit ihren polaren Teilen um polare Verschmutzungen wie Zucker- oder Blutflecken und tragen sie von dem Textil ab. Auf diese Weise ist es möglich, wasserlösliche (polare) Verschmutzungen in Lösungsmitteln durch Tenside zu entfernen. Innerhalb des Reinigungsprozesses werden diese in flüssiger Form der Reinigungsflotte durch automatische Dosieranlagen zugesetzt.⁷²

⁷¹ eigene Darstellung

⁷² Vgl. Hasenclever 2007, S. 414ff.

4.1.4 Detachur

Die Detachur ist primär eine chemische Aufbereitung mit Chemikalien zur Entfernung abgrenzbarer (lokaler) Flecken, die sich auf den Textilien befinden und mit Hilfe entsprechender Werkzeuge und Detachiermittel entfernt werden können.⁷³ Das Verfahren kann als Werterhaltung der Textilien angesehen werden und ist dementsprechend eine Aufbereitungsmöglichkeit, um die Lebensphase hartnäckig verschmutzter Textilien zu verlängern.⁷⁴ Um eine Detachur durchführen zu können, sind spezifische Parameter zu beachten, die im Folgenden erläutert werden.

Zunächst ist die Identifizierung des Flecks in der Detachur notwendig, um das geeignete Verfahren und Detachiermittel anwenden zu können. Dadurch, dass sich das Erscheinungsbild der Flecken auf unterschiedlichen Textilien verändert, lässt sich die Klassifizierung des Flecks schwierig gestalten. „So spielen der Faserstoff, die Art der Garne, die Farbe des Textilgutes, Art und Struktur der textilen Fläche, die Ausrüstung des Textilgutes und das Alter des Flecks eine wichtige Rolle.“⁷⁵ Um das geeignete Detachiermittel zur Behandlung anwenden zu können, erfolgt eine Kategorisierung des Flecks nach Lösungsverhalten (vgl. Abbildung 4-3).⁷⁶

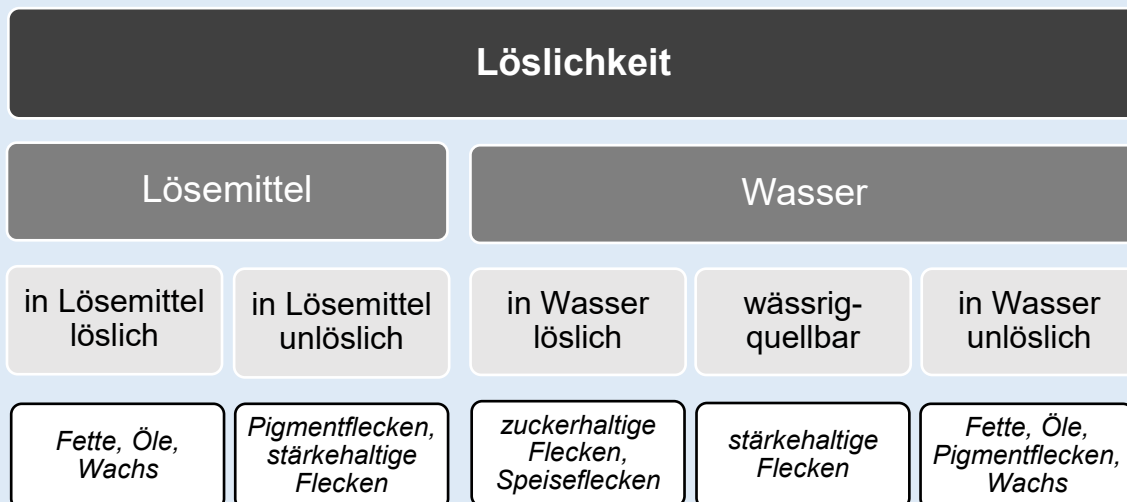


Abbildung 4-4: Einteilung der Löslichkeit des Flecks⁷⁷

⁷³ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 260.

⁷⁴ Vgl. Stöcks 1999, S. 2.

⁷⁵ Himmelsbach et al. 2018, S. 263.

⁷⁶ Vgl. Himmelsbach et al. 2018.

⁷⁷ Eigene Abbildung in Anlehnung an Himmelsbach et al. 2018, S. 264ff.

Die Auflösung des Flecks wird mithilfe organischer Lösemittel oder Wasser erreicht. Wassergebundene Flecken wie z. B. zuckerhaltige Flecken oder Blut sind mit entsprechenden Nassdetachiermitteln zu behandeln. Trockendetachiermittel finden ihre Anwendung bei lösemittellöslichen Flecken wie z. B. Fetten, Ölen oder Wachse. Ist das Textil mit harten, aufsitzenden Substanzen kontaminiert, so muss es vor der Detachur zunächst eingeweicht werden.⁷⁸

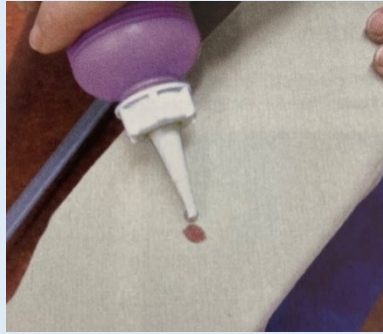
Die Detachur unterteilt sich in die Vor- und Nachdetachur. Der Unterschied liegt darin, ob die zu behandelnden Textilien vor oder nach einer Grundreinigung detachiert werden. Ist das Textil stark verschmutzt, so kann vor der Grundreinigung eine Vordetachur erfolgen, um die Flecken zu lösen/lockern und damit die Reinigungsleistung des darauffolgenden Reinigungsvorgangs zu erhöhen. Die Vordetachur erfolgt in der Vordetachierkabine und ist in zwei wesentliche Arbeitsschritte unterteilt, das Anbürsten und die Detachur. Hierfür werden die verschmutzten Stellen zunächst mit einer wasserhaltigen Vordetachiermittellösung maschinell oder manuell angebürstet. Anschließend wird die Stelle unter Dampfzugabe und ggf. mit Zugabe eines für den Fleck geeigneten Lösemittels behandelt. Nachdem die Vordetachur abgeschlossen ist, wird das Textil mit einem geeigneten Verfahren gereinigt. Sind die Flecken trotz Vordetachur und Grundreinigung nicht vollständig entfernt, so greift die Nachdetachur, die in Abbildung 4-4 dargestellt wird. Die Nachdetachur erfolgt auf einem speziellen Detachiertisch, der mit wesentlichen Werkzeugen der Detachur (Detachierpistole, Absaugung, Detachierarm) ausgerüstet ist. Die Fleckenstelle wird mit dem geeigneten Detachiermittel benetzt **(b)** und durch mechanische Bearbeitung eingearbeitet **(c)**. Dadurch, dass die Detachur eine mechanische Bearbeitung der Textilien umfasst, ist die Auswahl der geeigneten Methoden zur Behandlung der Flecken notwendig, um das Textilgut nicht zu beschädigen. Je nach Fleckenart können für die Einarbeitung Werkzeuge und Arbeitsmittel wie Detachierbürste, Detachierspatel, Detachierpinsel oder Detachierpistole genutzt werden. Die Detachierpistole gilt als wichtiges Werkzeug der Nachdetachur, da sie Dampf, Feuchtigkeit und Druckluft generieren kann. Die Dampfbehandlung begünstigt durch die entstehende Wärme das Anlösen der Fleckensubstanz sowie die Entfaltung der Wirksamkeit des Detachiermittels. Nach der erfolgreichen Detachur wird die Fleckenstelle mit Wasser oder Lösungsmitteln durchgespült **(f)**. Anschließend wird die Stelle mit Pressluft getrocknet **(g)**.⁷⁹

⁷⁸ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 264ff.

⁷⁹ Vgl. Himmelsbach et al. 2018, S. 260ff; vgl. Puchta und Grünewälder 1973, S. 197ff; vgl. Stöcks 1999, S. 49.



(a) Fleck auf Textil



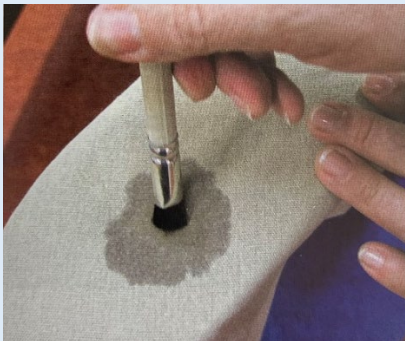
(b) Auftrag des Detachiermittels



(c) Mechanische Bearbeitung



(d) Erneutes Auftragen des Detachiermittels



(e) erneute mechanische Bearbeitung



(f) Ausspülen mit Dampf



(g) Trocknen mit Luft



(h) gereinigtes Textil

Abbildung 4-5: Beispielhafte Vorgehensweise einer Detachur⁸⁰

⁸⁰ Himmelsbach et al. 2018, S. 269.

Die nachfolgenden drei Videos zeigen Beispiele der Fleckenentfernung im Unternehmen IQS Solutions GmbH auf. Lokale Flecken auf Textilien, wie zum Beispiel Markierungsreste, Kugelschreiber-Striche oder Fettflecken, werden durch die Detachur entfernt. Das geeignete Detachiermittel wird entsprechend der Löslichkeit des Flecks in Wasser oder anderen Lösemitteln ausgewählt. Die Detachierpistole generiert Dampf und Druckluft bei der Fleckenentfernung.





4.1.5 Farbkorrektur

Farbige Bekleidung kann durch verschiedene Einflüsse entfärbt werden. Wenn zum Beispiel für die Reinigung von Schimmelsporen Chlor verwendet wird, bleicht der Farbton leicht aus. Um entsprechende Flecken bzw. Unregelmäßigkeiten zu korrigieren, gibt es die folgenden beschriebenen Möglichkeiten der textilen Aufbereitung.

Mit Textilfarbe kann Bekleidungen in der Waschmaschine aufgefrischt werden. Dazu muss die Farbe entsprechend der Anleitung richtig dosiert und zusammen mit den Textilien in einem passenden Programm gewaschen werden. In der Regel wird daraufhin ein Feinwaschgang empfohlen. Anschließend muss die Wäsche trocknen und die Maschine mit einem leeren Waschdurchgang gesäubert werden. Weitere Hausmittel zur Auffrischung der Farben sind u. a. Essig, Backpulver und Milch. Handelt es sich jedoch um einzelne lokale Chlorflecken, ist es schwierig den exakten Farbton zu treffen. Ratsamer ist in diesem Fall ein gesamtes Bleichen des Textils mit anschließender neuer Färbung. Um weiteres Bleichen zu vermeiden, muss das Chlor neutralisiert werden. Dafür genügt ein regulärer Waschgang. Nachdem das Textil mit dem passenden Farbton gefärbt wurde, sorgt ein Fixiermittel für die benötigte Haltbarkeit der neuen Farbe.⁸¹

⁸¹ Vgl. Meyer 2022.

Eine weitere Möglichkeit zur Farbkorrektur bieten Textilsprühfarben. Für die Verwendung müssen die Textilien gewaschen und getrocknet werden. Mittels Pumpzerstäuber wird der neue Farbstoff auf dem Textil verteilt, welcher je nach Farbauftrag zwei bis sechs Stunden trocknen sollte. Eine anschließende Fixierung ist zum Beispiel mit dem Einsatz eines Bügeleisens möglich.⁸²

4.1.6 Imprägnierung

Bedingt durch chemische Reinigungsprozesse werden u. a. Avivage-, Hydrophobierungsausrüstungen, sowie Kunststoffbeschichtungen beschädigt oder gehen vollständig verloren.⁸³ Aus diesem Grund ist eine Imprägnierung von Funktionstextilien wie Outdoor-Bekleidung, Rucksäcken oder Zelten ein wesentlicher Prozess, um die Funktionalität der Textilien zu erhalten und somit die Nutzungsphase zu verlängern. Die meisten textilen Flächen sind hydrophil, also benetzbar. Um die Wasserabweisung zu steigern und das Benetzungsverhalten der Textilien zu minimieren, sind diese mit Hydrophobierungsmitteln auszurüsten. Hierfür werden je nach Anforderungsprofil überwiegend Fluorcarbon-, Paraffin-, bzw. Silikonverbindungen genutzt. Die Ausrüstung erfolgt im Tauch-, Aufgieß-, und Sprühverfahren, wobei das Sprühverfahren einen gleichmäßigen Auftrag der Hydrophobierungsmittel ermöglicht. Die Anwendungskonzentration der Hilfsmittel liegt bei ca. 5 % des Warengewichtes. Um gute wasserabweisende Eigenschaften zu erhalten, sind verschiedene Faktoren zu beachten. Sind die Textilien mit Grenzflächenaktiven Substanzen in der Vorreinigung behandelt worden, so kann die wasserabweisende Eigenschaft negativ beeinflusst werden. Aus diesem Grund wird eine Nachspülung in reinen Lösungsmitteln oder die Zugabe von Reinigungsverstärkern wie Tensiden empfohlen.⁸⁴

4.1.7 Stopfen

Unter Stopfen wird das „Wiedereinweben“ von kleinen Gewebeflächen an einer beschädigten Stelle eines Textils verstanden. Dies kann per Hand (Kunststopferei) oder maschinell (Stopfen) praktiziert werden.⁸⁵ Hierbei handelt es sich um Löcher in den Textilien wie z. B. Brandlöcher, Mottenlöcher, oder ähnliche, die repariert werden. Die Besonderheit in der Kunststopferei liegt darin, dass der vorherige Schaden nicht mehr zu erkennen ist. Wird das Loch mithilfe einer

⁸² Vgl. Perg 2021

⁸³ Vgl. Puchta und Grünewälder 1973, S. 159.

⁸⁴ Vgl. Puchta und Grünewälder 1973, S. 204.

⁸⁵ Vgl. Baker 2007; vgl. Spranger 2022.

Nähmaschine gestopft, so ist die bearbeitete Stelle sichtbar.⁸⁶ Im Folgenden werden die wesentlichen Methoden des Stopfens näher beschrieben und veranschaulicht.

Kunststopfen von Geweben

In der Kunststopferei wird darauf geachtet, dass die gestopfte Stelle im Nachhinein nicht mehr als solche zu erkennen ist. Um dies zu erreichen, werden Gewebestücke genutzt, die aus dem Bekleidungsstück entnommen werden. Für dieselbe Technik können auch Gewebestücke genutzt werden, die sich in ihrer Textilstruktur ähnlich sind jedoch wird hierdurch die reparierte Stelle sichtbar und kann somit nicht mehr unter dem Terminus „Kunststopfen“ geführt werden.⁸⁷ Für die Kunststopferei eignen sich insbesondere Stoffstücke aus dem inneren Saum des Kleidungsstücks. Hierfür wird die benötigte und im Saum verfügbare Größe des Gewebeteils herausgeschnitten. In der Regel haben Hosenbeine zusätzlichen Stoff im Saum, der dazu dient, Hosen verlängern zu können. Das Gleiche gilt auch für Jacken, hier können z. B. aus dem Ärmelsaum Gewebestücke herausgeschnitten werden. Ist die erforderliche Menge aus dem Bekleidungsstück nicht zu entnehmen, können einzelne Kett- und Schussfäden genutzt werden.⁸⁸

Die Technik des Kunststopfens basiert darauf, Kett- und Schussfäden des Gewebestückes in das beschädigte Textil einzuweben und anschließend zu befestigen. Abbildung 4-5 veranschaulicht die jeweiligen Schritte dieser Praktik. Hierfür werden die Fäden des Gewebestücks zunächst vertikal und horizontal an den Gewebekanten entfernt, bis ca. 1,5 cm erreicht worden sind. Nun werden die losen Kett- und Schussfäden des Gewebestücks mithilfe einer Nadel an das beschädigte Textil entsprechend der Bindungsart eingewebt, sodass das Gewebestück den Schaden bedeckt. Sind die losen Fäden des Gewebestücks in das Textil eingearbeitet, werden diese nähtechnisch miteinander verbunden. Am besten geeignet sind hierfür dünne Fäden wie z. B. Seidenfäden, da sie später im Textil nicht mehr zu erkennen sind. Ist das Gewebestück befestigt, können die losen Kanten abgeschnitten werden.⁸⁹

⁸⁶ Vgl. Baker 2007.

⁸⁷ Vgl. Neumüller 2019, S. 119; vgl. Spranger 2022.

⁸⁸ Vgl. Neumüller 2019, S. 120; vgl. Spranger 2022.

⁸⁹ Vgl. Neumüller 2019, 124f.

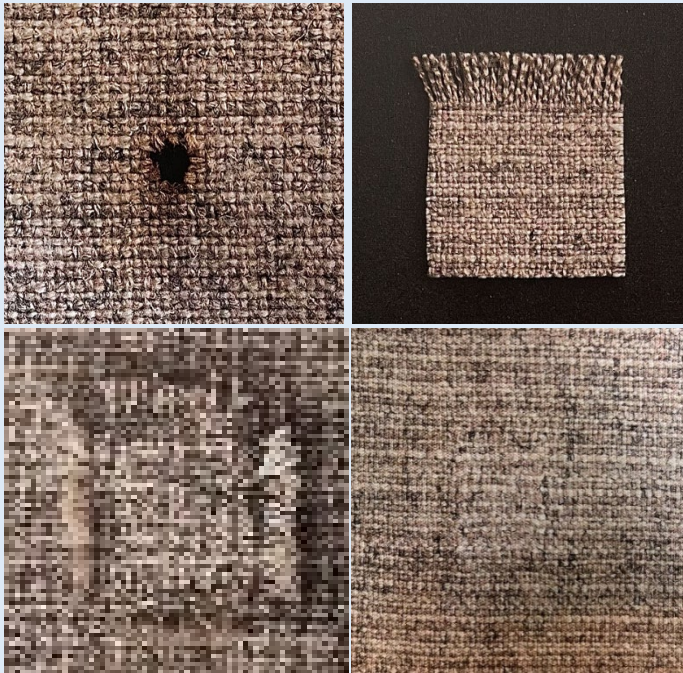


Abbildung 4-6: Exemplarische Darstellung eines händisch gestopften Gewebes (Kunststofferei)⁹⁰

Maschinelles Stopfen

Ist das entstandene Loch größer und kann aus diesem Grund nicht händisch gestopft werden, so kann diese Stelle maschinell bearbeitet werden. Hierfür eignet sich am besten der Einsatz einer Nähmaschine, sodass mithilfe eines Textilklebers und dem anzubringenden Gewebestück der Schaden behoben werden kann. Um die Sichtbarkeit der vollendeten Reparatur zu minimieren, sollten ein möglichst zu dem Kleidungsstück identisches Gewebestück und eine farblich übereinstimmendes Nähgarn gewählt werden.⁹¹

Für eine ideale Bearbeitung wird zunächst das beschädigte Textil an der betroffenen Stelle gebügelt. Anschließend erfolgt die Entfernung abstehender bzw. loser Fäden an den Kanten des zu reparierenden Lochs, um sauberere Ergebnisse erzielen zu können. Nun wird zur Behebung des Schadens ein Gewebestück herangezogen, welches größer als das zu stopfende Loch ist. Das Gewebestück wird mit der rechten Wareseite auf die linke Wareseite des Textils mittels Textilkleber befestigt und darauffolgend mit vertikal verlaufenden Doppelstepstich-Reihen maschinell fixiert. Anschließend wird die Stelle gebügelt und

⁹⁰ Neumüller 2019, S. 118ff.

⁹¹ Vgl. Baker 2007; vgl. Neumüller 2019, S. 84.

überstehende Kanten des Gewebes entfernt.⁹² Die folgende Abbildung 4-6 veranschaulicht das Reparaturergebnis einer Jeanshose nach dem beschriebenen Vorgang.



Abbildung 4-7: Reparaturergebnis einer Jeans mittels maschinelles Stopfen⁹³

Stopfen von Maschenwaren

Maschenwaren bestehen aus Garnen, die in horizontalen Linien verlaufen und Maschen bilden, die vertikal miteinander verbunden sind. Das Auflösen dieses Textils wird durch den Riss eines Fadens verursacht. Mithilfe spezifischer Stopftechniken, können beschädigte oder gelöste Maschen erneut miteinander vermascht werden. Haben sich die Maschen des Gestricks gelöst und sind horizontal verlaufende Fäden noch erhalten, so kann wie in Abbildung 4-7 die Stelle erneut vermascht werden. Hierfür wird das Loch zunächst sanft geweitet, um die Bindeweise des Gestrickes näher deuten zu können und Ansetzungspunkte für die Reparatur zu identifizieren. Für diese Methode wird zur Bearbeitung des Schadens eine Häkelnadel benötigt. Die Nadel wird in den untersten Maschenkopf geführt und anschließend in den darüber horizontalen Faden eingehakt. Die neue Masche wird durch das Hindurchziehen des Fadens durch den Maschenkopf gebildet. Dieser Vorgang wird nun entlang des Schadens durchgeführt. Mithilfe ein paar leichter Nahtstiche können die Maschen jetzt an dem Textil fixiert werden.⁹⁴

⁹² Vgl. Neumüller 2019, S. 84.

⁹³ Neumüller 2019, S. 85.

⁹⁴ Vgl. Neumüller 2019, S. 98.



Abbildung 4-8: Vermaschen gelöster horizontaler Maschen⁹⁵

Eine weitere Methode, Strickwaren zu stopfen, ist das Vermaschen mit Hilfe von Stützfäden, welches in Abbildung 4-8 veranschaulicht ist. Das Loch wird durch das Abschneiden von losen, hängenden Garnfäden befreit. Um eine saubere Verarbeitung zu erzielen, wird die Bearbeitungsstelle mit einem Stickrahmen aufgespannt. Die Stützfäden werden maschenartig mit den Maschenköpfen unter identischer Spannung miteinander verbunden. Sind die Stützfäden angebracht, wird mit dem Stopfen begonnen. Ein zu dem Gestrick identischer Faden wird an den Maschen der linken oder rechten Seite des Lochs vermascht. Nun wird horizontal entlang des Schadens die Stopfarbeit mit Schweizer Stopfstichen verrichtet. Um jeden Stützfaden werden Maschen gestrickt, die anschließend mit den Maschenköpfen darunter verbunden werden. Der Faden wird hierbei immer unter den Stützfäden geführt und zur Masche gebildet. Dieser Vorgang wiederholt sich mit abwechselnder Richtung (links nach rechts – rechts nach links) bis der Schaden vollständig gestopft wurde. Wichtig ist, dass die Spannung stets konstant gehalten wird, um ein möglichst gleichmäßiges Warenbild zu erhalten. Anschließend können die Stützfäden herausgezogen und die bearbeitete Stelle zurecht gezupft werden.⁹⁶

⁹⁵ Neumüller 2019, S. 99.

⁹⁶ Vgl. Neumüller 2019, S. 93ff.

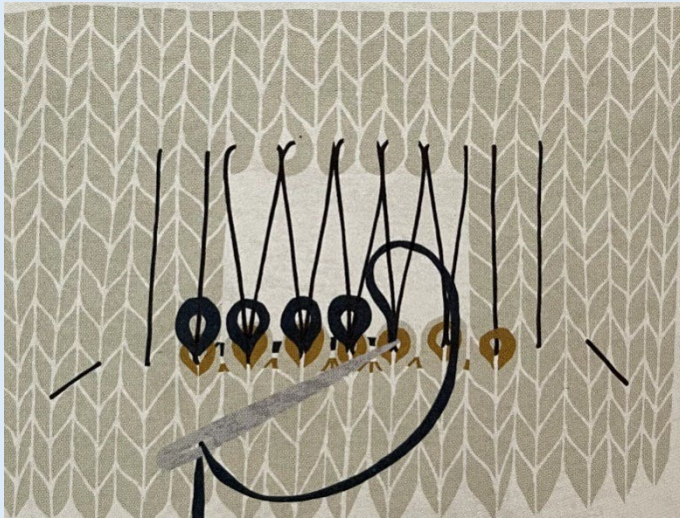


Abbildung 4-9: Stopfen von Maschenwaren mithilfe von Stützfäden⁹⁷

Stopfen mithilfe von Flickenkleber

Eine weitere Möglichkeit des Stopfens ist die Verwendung aufbügelbarer Einlagen, die ihren Einsatz für kleinere Schäden finden. Hierfür werden spezielle Folien bzw. dünne Einlagen unter das beschädigte Textil gelegt und anschließend durch Hitzeeinwirkung und Druck bearbeitet. Die losen Fasern bzw. Fäden verschmelzen mit der Einlage und somit ist der Schaden beseitigt.⁹⁸

4.1.8 Flicken

Eine weitere Möglichkeit, um Löcher in Textilien zu reparieren, ist das Aufbringen eines Flickens. Diese können in unterschiedlichen Methoden und mit optisch unterschiedlichen Eigenschaften an den reparaturbedürftigen Bereich angebracht werden.

Textil-/ Reparaturklebeband

Die einfachste und schnellste Methode, beschädigte Textilien zu flicken, ist das Aufbringen von Textil-/ bzw. Reparaturklebeband. Diese Methode wird mit dem englischen Begriff „Tape“ beschrieben. Es können unterschiedliche Variationen der Klebebänder für die Reparatur genutzt werden, die sich für entsprechende Anwendungsgebiete eignen. Hierfür können bspw. wasserfeste Textilklebebänder zur Behebung beschädigter Zelte, Planen oder hydrophobierter Bekleidung genutzt werden, um die Funktionalitäten der Textilien erhalten zu können. In Abbildung 4-9 wird die Verwendung eines Klebebandes zur Behebung eines Risses

⁹⁷ Neumüller 2019, S. 96.

⁹⁸ Vgl. Landes 2021.

veranschaulicht. Wesentliche Nachteile des Tapens sind u. a. die geringe Waschbeständigkeit gegenüber Kleiderflicken oder aufbügelbarem Gewebeflicken, da die in der Wäscherei genutzten Reinigungsmittel den Kleber auflösen können. Des Weiteren sind bei der Nutzung von Textilklebeband drei grundlegende Faktoren zu beachten. Hierzu zählen die Klebekraft, die am Textil verursachten Kleberückstände beim Ablösen des Bandes sowie die Haltbarkeit bzw. die Haftung am Textil.⁹⁹



Abbildung 4-10: Anwendung des Reparaturklebebandes an einem Riss¹⁰⁰

Kleiderflicken

Eine weitere Methode, Risse größeren Umfangs zu reparieren, ist das Anbringen von Kleiderflicken. Hierfür werden Gewebestücke zurechtgeschnitten und manuell oder maschinell um die beschädigte Stelle vernäht. Neben einfachen Gewebestücken sind ebenso dekorative Aufnäher im Handel verfügbar. So kann das Textil durch Kleiderflicken dekorativ verändert werden. Wesentlicher Nachteil dieser Methode ist, dass hierdurch die getätigte Reparatur sichtbar ist. Um den Schaden weniger sichtbar zu reparieren, ist es von Vorteil, ein identisches Gewebestück als Aufnäher/Flicken sowie eine geeignetes Nähverfahren zu wählen. Hierfür können erneut Gewebestücke aus dem Kleidungsstück entnommen werden, sofern genug Material für die Reparatur vorhanden ist. Das Gewebestück kann nun in demselben Schema des maschinellen Stopfens durch horizontal oder vertikal verlaufenden Nähten manuell oder maschinell fixiert werden. In Abbildung 4-10 wird der schematische Nahtverlauf verdeutlicht.¹⁰¹

⁹⁹ Vgl. Gladel 2022.

¹⁰⁰ allbuyone gmbh 2022.

¹⁰¹ Landes 2021.

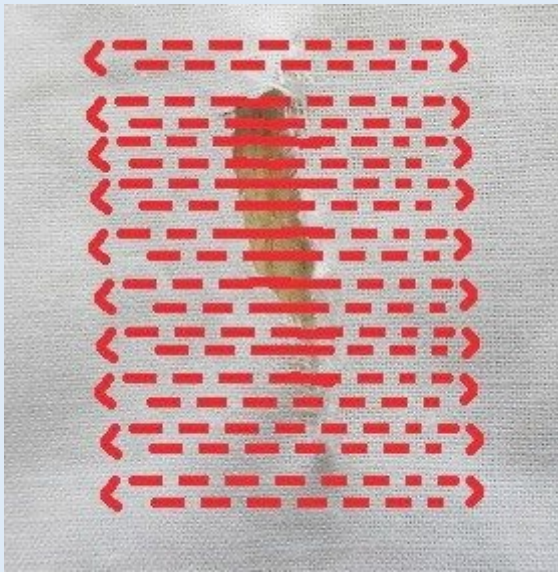


Abbildung 4-11: Schematischer Verlauf horizontaler Nähte¹⁰²

Bügeflicken

Neben dem nähtechnischen Aufbringen von Flickern besteht die Möglichkeit, Gewebestücke mithilfe von Hitzeeinwirkung auf der zu reparierenden Stelle zu befestigen und den Schaden zu beheben. Durch die Wärme verschmilzt die Trägerfolie auf dem Flickern mit dem Textil. Das Aufbringen von aufbügelbaren Flickern ist jedoch nur bei Textilien anwendbar, die frei von Appreturen sind. Als Appretur bezeichnet man die letzte Behandlung von Fasern, Garnen und Textilien durch Veredlungsmaßnahmen, um die gewünschten Produkteigenschaften zu erreichen. Hierzu muss das Textil zunächst ohne die Verwendung von Weichspüler gewaschen, getrocknet und anschließend gebügelt werden. Die Behandlung eines appretierten Textils kann dazu führen, dass die Haftung des angebrachten Flickens reduziert wird und sich dieser durch periodische Waschvorgänge ablöst.¹⁰³ Die Flickern sind meist fertig zugeschnittene Gewebestücke, die sich ebenso für eine dekorative Bearbeitung von Textilien eignen wie z. B. die Verwendung von Formen und Symbolen für Kinderbekleidung. Gleichzeitig kann die Sichtbarkeit der Flickern ihre Einsatzbereich einschränken.

4.1.9 Ersatzteile Verschlussmittel

Nicht immer ist das textile Material eines Kleidungsstücks von Reparaturen betroffen. Auch Verschlussmittel wie Knöpfe oder Reißverschlüsse können sich lösen und müssen

¹⁰² Landes 2021.

¹⁰³ Vgl. Landes 2021.

entsprechend erneut befestigt oder ersetzt werden. Diese Verschlussmittel finden ihre Anwendung in unterschiedlichen Produktgruppen wie Rucksäcken, Outdoor-Jacken, Sakkos und Blazer, Jeans, etc. Des Weiteren sind unterschiedliche Fügetechniken nutzbar, die eine Fixierung der verschiedenen Komponenten eines Bekleidungsstücks ermöglichen. Entsprechend sind Bekleidungsstücke individuell zu reparieren. Zu den gängigsten Verschlussmitteln der Textil- und Bekleidungsindustrie zählen Knöpfe, Reißverschlüsse und Schnallen, die im Folgenden näher betrachtet werden.

Knöpfe

Knöpfe sind in verschiedenen Variationen ausgeführt und werden für unterschiedliche Produktgruppen eingesetzt. Im Allgemeinen kann in Lochknöpfe, Schaftknöpfe, Druckknöpfe, Nietenknöpfe und Hackenknöpfe unterschieden werden. Diese Knöpfe werden üblicherweise aus Kunststoff, Metall, Horn, Perlmutter oder Holz gefertigt und verfügen über verschiedene Fixierungsweisen. Die gängigste Art ist das Vernähen der Knöpfe an den vorgesehenen Stellen der Textilien. Hierfür sind die Knöpfe mit Löchern oder Ösen versehen, die eine nähtechnische Fixierung ermöglichen. Druckknöpfe und Nietenknöpfe aus Metall können jedoch auch durch spezifische Werkzeuge wie Nietzangen bzw. Druckknopfzangen oder einem Hammer an dem Textil mit Druck vernietet werden.¹⁰⁴ In Abbildung 4-11 bis Abbildung 4-14 sind Beispiele für Knöpfe aus verschiedenen Materialien und deren Anbringung mittels Nietzange zu sehen.



Abbildung 4-12: Schaftknöpfe aus Kunststoff¹⁰⁵

¹⁰⁴ Vgl. Schneiderei-Bedarf Kreitz 2015.

¹⁰⁵ Etsy, Inc. 2022.

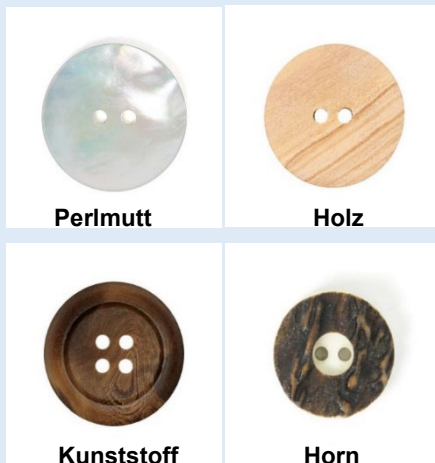


Abbildung 4-13: Lochknöpfe unterschiedlicher Materialien¹⁰⁶



Abbildung 4-14: Hakenknopf aus Metall¹⁰⁷

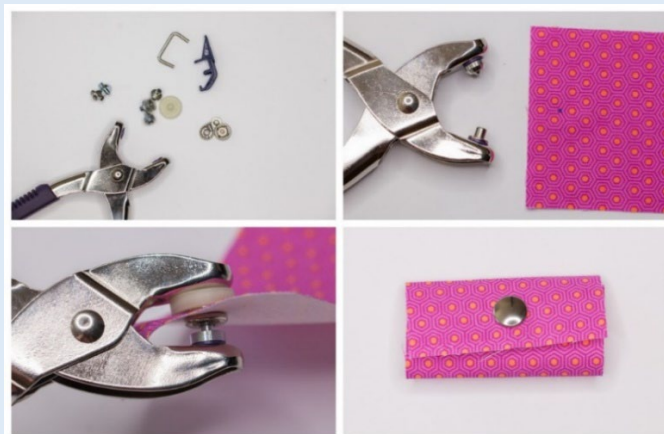


Abbildung 4-15: Anbringen eines Druckknopfes mit einer Nietzange¹⁰⁸

¹⁰⁶ stoffe.de 2022a, 2022b, 2022c, 2022d.

¹⁰⁷ schneiderei-bedarf.de 2015.

¹⁰⁸ Rebernick 2018.

Reißverschlüsse

Ein defekter Reißverschluss kann die Funktionalität eines Bekleidungsstücks wie einer Jacke schnell zerstören. Reißverschlüsse können grundsätzlich ausgetauscht werden, häufig ist jedoch nicht der komplette Reißverschluss defekt, sondern einzelne Komponenten wie z. B. der Schlitten. Ist dieser verbogen, verklemmt oder gebrochen, können sich die Zähne des Reißverschlusses nicht mehr gleichmäßig schließen. Um den Mechanismus zu reparieren, kann der Schlitten ausgetauscht und ersetzt werden. Das untere Ende des Reißverschlusses ist in der Regel fest mit einem Endstück verschweißt. Am oberen Ende stoppt den Schlitten eine einfache Metallklammer. Diese Klammer wird mit einem Messer vorsichtig aufgebogen und der alte Schlitten des Reißverschlusses abgezogen. Nun wird ein passender Ersatzschlitten benötigt, der die gleiche Form und die gleiche Größe besitzt. Dieser wird auf den Reißverschluss eingefädelt und die Metallklammer wieder mit einer Zange fixiert. Falls notwendig, kann hierfür ebenso eine neue Klammer eingesetzt werden.¹⁰⁹

Ist der gesamte Reißverschluss defekt, so kann dieser entfernt und mit einem neuen Reißverschluss ersetzt werden. Ideal ist hierfür die Verwendung eines identischen Reißverschlusses in Farbe, Form und Länge. Ist der defekte Reißverschluss durch Nähte fixiert, müssen diese zunächst vorsichtig entfernt werden. Dabei wird auf die verwendete Nähetechnik geachtet, um diese später für den neuen Reißverschluss anzuwenden. Nachdem der alte Reißverschluss entfernt worden ist, kann der neue eingesetzt werden.¹¹⁰

Schnallen

Handelt es sich bei dem Verschlussmittel um eine defekte Schnalle, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten die Fehlervarianten zu beheben. Bei einem Rucksack wird beispielsweise die Naht aufgetrennt, um eine defekte Schnalle zu wechseln. Anschließend wird das Gurtband neu umgenäht. Wenn aber nur ein Teil der Schnalle ausgetauscht werden muss, kann die Reparatur auch ohne eine Näharbeit erfolgen. Um die passende Größe der Schnalle zu finden, werden die Maße des Gurtbandes benötigt. Die Schnallen werden dann durch ein einfaches Auf- und Abziehen ausgetauscht. Zusätzlich gibt es auch Schnallenmodelle, die mit einem Stift in der Gurtbandschleife befestigt sind. Diese können mit einem kleinen Schraubenzieher herausgeschraubt werden, um somit die Schnallen

¹⁰⁹ Vgl. Globetrotter Ausrüstung GmbH 2020.

¹¹⁰ Vgl. Baker 2007.

auszutauschen. Bei einer Gürtelschnalle müssen entweder eine Naht oder Schrauben geöffnet werden, um den Lederriemen wieder aufzuklappen und die Schnalle wechseln zu können.¹¹¹

Das folgende Video zeigt, wie Ösen manuell in einen flammhemmenden Vorhang gestanzt und für die Montage bei IQS Solutions GmbH vorbereitet werden.



4.1.10 Nähtechnische Reparaturen

Das Fügeverfahren Nähen ist abhängig vom Nähfaden, dem Nähgut sowie der Verbindungsstruktur. Eine Verbindung durch Nähen wird mittels Verschlingung oder Verkettung eines oder mehrerer Nähfäden im Nähgut hergestellt. Im Wesentlichen bestimmen die Art, Lage und Anzahl der Verschlingungs- oder Verkettungspunkte im Nähgut die begriffsbildenden Merkmale der erzeugten Verbindung.¹¹²

Textile Bekleidungswaren sind im Alltag durch das Tragen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Dabei können sich bei Verschleiß oder unzureichender Verarbeitungsqualität die Nähte lösen oder reißen. Auf diesem Weg entstehen Löcher, die jedoch ohne Probleme erneut fixiert werden können, da hierbei meist nicht das textile Material, sondern nur die Naht beschädigt wird. Somit kann das Stopfen ausgelassen werden und eine Reparatur der Naht erfolgen.

¹¹¹ Vgl. Vaude 2022.

¹¹² Vgl. Gries et al. 2019, S. 299f.

Nahtverstärkung

Nahtverstärkungen unterstützen die Widerstandsfähigkeit konfektionierter, textiler Produkte, die in bestimmten Arealen aufgrund der Bewegungstätigkeiten des Menschen besonders unter Spannung stehen wie z. B. die Hoseninnennaht oder die Ärmellochnaht. Die zu verwendende Verstärkungsart wird in Abhängigkeit der betroffenen Stelle und des textilen Materials ausgewählt. Im Allgemeinen wird eine Nahtverstärkung durch Faktoren wie dem doppelreihigen maschinellen Nähen, der Verwendung kurzer Stichlängen, der Verkleinerung der Nahtzugabe, um zusätzlichen Platz im konfektionierten Produkt zu schaffen, und dem Zusammennähen der Stoffkanten mit einem Zickzackstich realisiert. Weiter können Schrägbänder oder Nahtverstärkungsbänder mit Zickzack- oder Mehrfach-Zickzackstichen zur Nahtverstärkung genutzt werden.¹¹³

Nahtfixierung

Zwischen der Vielzahl an Nähstichtypen eignen sich verschiedene Typen für erhöhte mechanische Beanspruchung konfektionierter Textilien. Nahttypen, die sich in der Bewegung mit dem Textil dehnen, sind weniger anfällig zu reißen. Derzeit sind die überwiegend eingesetzten Nähsticharten der Steppstich und der Kettenstich, wobei der Kettenstich höhere Dehnungen zulässt.¹¹⁴ Eine Kombination aus stärkeren Stich- und Nahttypen verringert das Risiko, dass Nähte reißen. Ist die Naht jedoch gerissen, so kann die Reparatur idealerweise maschinell mit der Nähmaschine erfolgen. Hierfür werden zunächst die defekten Nähte vom Textil gezogen. Anschließend können zur zusätzlichen Verstärkung aufbügelbare, dünne Einlagen an die linke Wareenseite der Nahtzugabe aufgebügelt werden. Die Einlagen sollten der Größe des zu reparierenden Bereichs entsprechen. Dann wird die Stelle maschinell mit dem entsprechenden Stichtyp oder ggf. händisch mit einem Steppstich vernäht. Eine zusätzliche Nahtreihe kann die Fixierung unterstützen.

Saumerneuerung

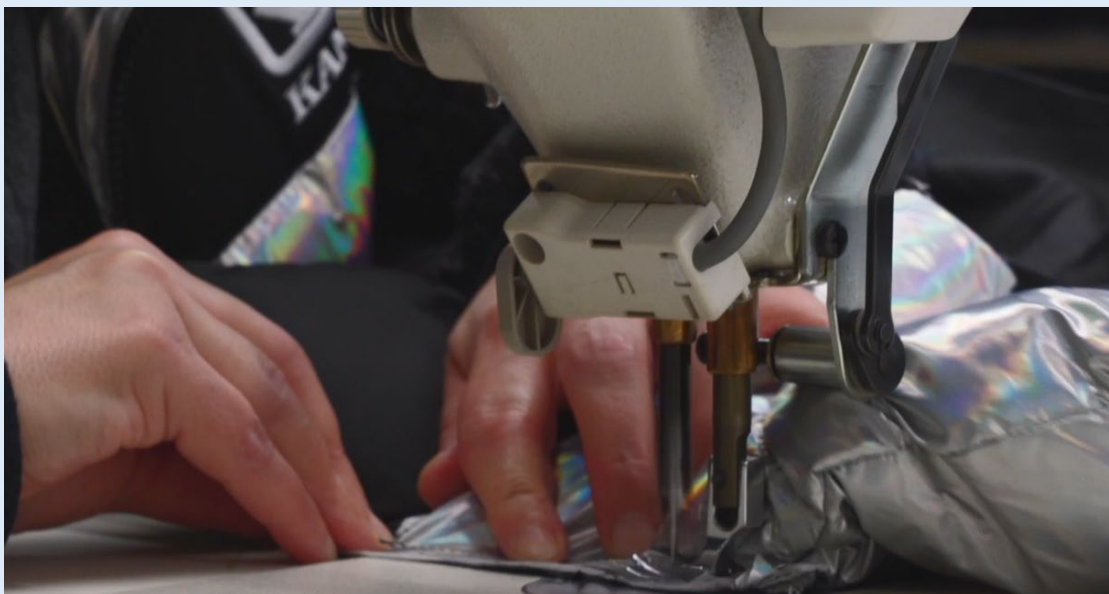
Zu den nähtechnischen Reparaturen gehören ebenso gelöste Saumnähte. Insbesondere mit einem Blindstich fixierte Hosensäume sind durch ein hastiges Einsteigen in das Hosenbein dafür anfällig, sich zu lösen bzw. zu reißen. Dieses Risiko kann bspw. durch die Verwendung thermoplastischer Nähgarne verringert werden, die sich mit dem textilen Material verbinden. Des Weiteren können Säume mit doppelseitigem Klebeband oder Textilkleber fixiert werden,

¹¹³ Vgl. Baker 2007.

¹¹⁴ Vgl. Gries et al. 2019, S. 300.

jedoch sind diese keine Reparaturen, die eine dauerhafte Fixierung ermöglichen. Durch den Einsatz von Nähten und aufbügelbarer Vlieseinlagen können Säume bei einer Beschädigung erneuert werden. Bei klassischen Hosen sind die Saumstiche in der Regel auf der rechten Wareseite nicht zu erkennen. Die Wahl des Stichtyps hängt grundsätzlich vom ursprünglichen angewandten ab, kann jedoch auch durch einen anderen passenden Stichtyp ersetzt werden.¹¹⁵

Die folgenden Videos veranschaulichen nähtechnische Reparaturen bei der IQS Solutions GmbH, sowohl manuell als auch maschinell mit dem entsprechenden Stichtyp.



¹¹⁵ Vgl. Baker 2007.



4.2 Einfluss textiler Produkteigenschaften auf das Aufbereitungs- und Reparaturpotenzial

Um zukünftig das Aufbereitungs- und Reparaturpotenzial von (Outdoor-)Bekleidung zu stärken und einen möglichst langen Produktlebenszyklus zu ermöglichen, ist es sinnvoll, die textilen Produkteigenschaften genauer zu analysieren und zu identifizieren, inwieweit Bekleidungshersteller Einfluss nehmen können. Hierzu wurden verschiedene Expert:innen der Branche befragt, welche Faktoren eine Aufbereitung bzw. eine Reparatur erleichtern und welche diese erschweren. Das Ergebnis ist in Abbildung 4-15 visualisiert.

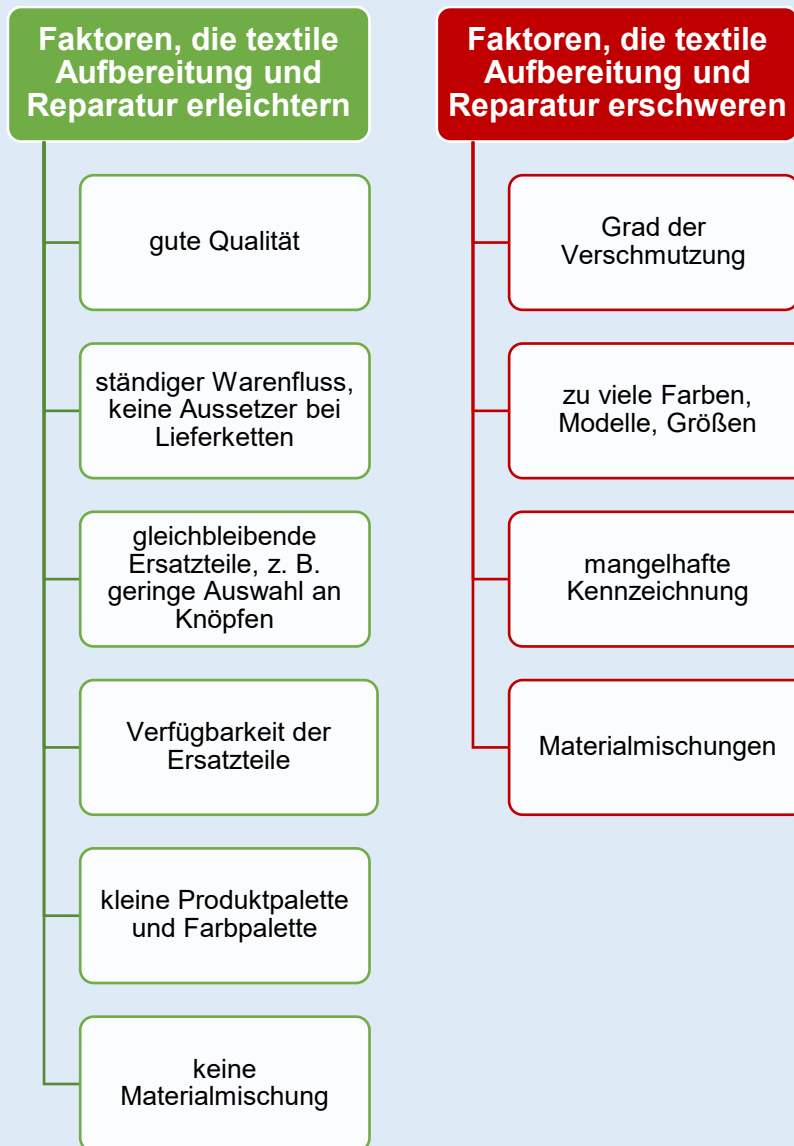


Abbildung 4-16: Produkteigenschaften mit Einfluss auf Reparatur und Aufbereitung¹¹⁶

Eine gute grundlegende Qualität aller Materialien trägt dazu bei, dass Aufbereitungs- und Reparaturingriffe seltener angewandt werden müssen. Zum Beispiel soll ein Knopf auch bis zu 1.000 Nutzungen halten. Der Einsatz möglichst sortenreiner Fasern und so wenig Materialmischungen wie möglich begünstigen insbesondere im Falle von Reinigungen und Imprägnierungen die Aufbereitung. Müssen verschiedene Faserarten mit verschiedenen Eigenschaften und Reaktionen auf Chemikalien berücksichtigt werden, wird der Prozess der Aufbereitung komplexer und somit erschwert. Durch den Einsatz einer möglichst kleinen Produkt- sowie Farbpalette kann garantiert werden, dass immer genügend Ersatzteile zum

¹¹⁶ Eigene Darstellung

Austausch oder zur Reparatur vorhanden sind und diese aufgrund häufig wechselnder Kollektionen mit verschiedenen Verschlussmitteln nicht fehlen. Hierzu kann auch ein ständiger Warenfluss ohne Aussetzer der Lieferketten beitragen, was jedoch nicht im alleinigen Einflussbereich der Hersteller liegt, aber durch lokale Zulieferer begünstigt werden kann. Eine mangelhafte Kennzeichnung der eingesetzten Fasermaterialien kann den Einsatz der passenden Temperatur oder Chemikalien zur Reinigung oder Aufbereitung komplizierter gestalten. Auch der Grad der Verschmutzung beeinträchtigt, wenn er sehr hoch ist, die textile Reinigung.

5 Textile Verwertungsverfahren für einen geschlossenen Kreislauf

Allgemein bezeichnet der Oberbegriff des Recyclings, wie im KrWG statuiert, die Wiederaufbereitung oder energetische Nutzung von Abfall. Das entsprechende Produkt wird im Rahmen der Wiederaufbereitung in seine Rohbestandteile zerlegt, um anschließend Verwendung in neu hergestellten Produkten innerhalb eines geschlossenen oder offenen Kreislaufs zu finden. Recyclingverfahren können in der Textilindustrie dazu beitragen, die Abfallmenge von Alttextilien zu vermindern und die Menge an frisch produzierten Fasern im Zuge eines geschlossenen Kreislaufs zu verringern.¹¹⁷ Der Anteil des Faser-zu-Faser-Recyclings spielt jedoch auf dem globalen Fasermarkt mit weniger als 1 % aktuell eine untergeordnete Rolle. Die verfügbaren Recyclingtechnologien sind noch nicht auf die Komplexität textiler Produkte, insbesondere bei Outdoor-Bekleidung mit funktionalem Anforderungsprofil, ausgerichtet. Gleichzeitig fehlt zumeist die Kenntnis zur recyclinggerechten Produktgestaltung auf Seiten der Bekleidungshersteller. Damit ein Recyclingverfahren ökonomisch und ökologisch umsetzbar ist, bedarf es zudem effektiver Rücknahme- und Logistiksysteme sowie Mindestmengen an verwertbarem Material.¹¹⁸ In diesem Zusammenhang spielt auch der Preis von Recyclingfasern eine Rolle, derzeit liegen die Rohstoffpreise noch deutlich niedriger, was die Nachfrage an Recyclingfasern zusätzlich begrenzt.

Gemäß den durchgeführten Interviews von befragten Textil- und Bekleidungsherstellern konnten folgende Informationen über die Probleme und Hemmnisse im Zuge der Recyclingfähigkeit von Textilien gesammelt werden.

¹¹⁷ Vgl. ÖkoMedia Public Relations 2001, S. 87.

¹¹⁸ Vgl. Textile Exchange 2021.

„Aus wirtschaftlicher Perspektive ist das Recyceln der überwiegenden Materialien unattraktiv. In diesem Hinblick sind Steuerungselemente der EU, z. B. Steuervergünstigungen für recycelte Materialien, herzlich willkommen. Darüber hinaus stellt das nicht vorhandene Netzwerk innerhalb der Akteurskette, Probleme für die Rücknahme, die Sortierung und das Einspeisen der Rohstoffe zurück in den Kreislauf dar.“

„Das größte „Problem“ ist das Testen und Errichten von Pionierprojekten. Dabei müssen die Regeln der Kreislaufwirtschaft berücksichtigt und die zukünftigen Aktivitäten mit einbezogen werden. Die Funktionalität sollte in Hinsicht auf beispielsweise Etiketten und die Ausrüstung erhalten bleiben. Wir empfinden es als Entlastung, dass nicht nur 100 % sortenreine Produkte recyclefähig sind.“

“Das allgemeine Problem ist der Designprozess, die Produkte sind aktuell nur für den Kunden designt, aber nicht zur Rückführung in einen Kreislauf bestimmt.”

“Ansätze, Technologien und Infrastruktur zu finden gestaltet sich als schwierig, da momentan noch nicht ausreichend recycelt wird. Fasermischungen sind überwiegend problematisch.”

Im Folgenden wird eine ausführliche Schilderung von Methoden der aktuell grundlegenden textilen Verwertungsverfahren dargestellt. Zuletzt wird auf den Einfluss textiler Produkteigenschaften auf das Verwertungspotenzial eingegangen.

5.1 Methoden des Textilrecyclings

Recyclingtechnologien für Textilien sind vielfältig und umfassen differenzierte Ansätze. Nachfolgend wird der Fokus zunächst auf drei grundlegende Ansätze gelegt, das mechanische, chemische und thermische Recycling. Eine allgemeine Skizzierung der Verfahrensansätze leitet in die Vorstellung von kontinuierlich weiterentwickelten Verfahren durch Forschungsaktivitäten, Pilotprojekte und spezifische Unternehmen ein.¹¹⁹

Das Recycling von Textilien kann auf der Basis der Faser, der Polymere oder der Monomere stattfinden. Ausschlaggebend für die Ebene, auf der das Recycling stattfindet, ist die Zusammensetzung der verwendeten Fasern und Gewebe und deren chemische Struktur. In der Regel werden innerhalb des Faserrecyclings die ursprünglichen Fasern erhalten. Das Polymerrecycling hingegen behält die intakten Polymere aber demontiert die Fasern. Innerhalb des Monomer-Recyclings werden sowohl die Fasern als auch die Polymere in deren chemische Bestandteile zerlegt.¹²⁰

Daran anknüpfend wird die Differenzierung zwischen textilen Abfällen aufgegriffen. Industrielle Abfälle sind an die Produktion von textilen Produkten geknüpft. Fasern, Garne und Gewebe werden neben Produkten aufgrund von Verschnitten, Resten und Qualitätsstandards dem Abfall zugeordnet. Aufgrund des direkten Bezugs zur Produktion sind Materialien, Farbstoffe und eingebundene Chemikalien bekannt. Die Komplexität der textilen Produkte und Gewebe sinkt damit. Zeitgleich erhöht sich damit das Recyclingpotential. Pre-consumer Produkte werden zumeist auch als industrieller Abfall bezeichnet und ergeben sich aus Lagerbeständen und nicht weiterverkauften Retouren. Zu den post-consumer used textiles hingegen zählen Bekleidungsartikel und Haushaltstextilien die bereits in der Benutzung von Konsumenten gewesen sind. Die Entsorgung erfolgt über Deponien, Spenden oder Sammlungen. Die Produkte sind komplex in Hinsicht auf ihre Herstellung und Verarbeitung, sie verringern damit zugleich das Recyclingpotential.¹²¹

Am Beispiel des mechanischen Recyclings bei der Altex Textil-Recycling GmbH & Co. KG wird nachfolgend dargestellt wie ein geschlossener Kreislauf durch die Verwertung von Alttextilien und den nachgelagerten Prozessschritten erzielt wird.

¹¹⁹ Vgl. Gemeinschaft für textile Zukunft et al. 2021, S. 8.

¹²⁰ Vgl. Harmsen et al. 2021, S. 5; Mauter 2022.

¹²¹ Vgl. Eppinger 2022.



5.1.1 Mechanisches Recycling

Das mechanische Recycling verwendet nach aktuellem Stand der Forschung industrielle Textilabfälle und sowohl pre- als auch post-consumer Abfall als Input-Material. Die Auswahl der Input-Fasern kann zwischen synthetischen, natürlichen und Mischfasern variieren. Basis dieses Ansatzes ist das Zerreißen der Textilien durch mechanische Krafteinwirkung und eine partielle Auflösung der Gewebe hin zu einzelnen Fasern. Der textile Output kann daher von Fasern über Garn bis hin zu non-woven-Flächen variieren. Anwendungsbeispiele für die Rezyklate, also für das Produkt des Recyclingprozesses, sind die Verwendung als Isolierung und die Verwendung für neue Textilien und Garne. Allgemein kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die gewonnenen Fasern durch die mechanische Zerkleinerung verhältnismäßig stark gekürzt werden. Die Faserlänge ist entscheidend für die Qualität der Faser und im Hinblick auf die weitere Verarbeitung relevant.¹²²

¹²² Vgl. Becker 2022; Ellen MacArthur Foundation 2017, S. 96; Mauter 2022.



Um die Qualität der Rezyklate zu erhöhen, ist es notwendig, die Maschinen und Prozesse an die Vielzahl der Materialvariationen anzupassen. Folglich können verschiedene Endanwendungen ermittelt werden und der Recyclingprozess und einzustellende Parameter darauf ausgerichtet werden, wie am Beispiel der Altex Textil-Recycling GmbH & Co. KG aufgezeigt wird.



Während des Recyclingprozesses können Metalle und Schwerteile, die insbesondere zu Beginn der Verwertung an Alttextilien vorhanden sind, ausgeschieden werden. Auch die enthaltenen und nur schwer verwertbaren Elasthanbestandteile können ausgeschieden

werden. Dies erhöht zugleich die Qualität des Outputs. Die mechanische Aussonderung der metallischen Bestandteile und Störmaterialien an Alttextilien kann als Vorteil beispielsweise gegenüber dem chemischen Recycling gesehen werden. Als vorgelagerter Prozesse für diese Art von Verwertungssystemen ist es notwendig, entsprechende Störfaktoren (händisch) zu entfernen.



Durch die im Recyclingprozess enthaltenen Metalle werden die Walzen stark beansprucht. In regelmäßigen Abständen müssen daher die entsprechenden Bestandteile ausgetauscht und aufbereitet werden.



Neben den herkömmlichen Prozessabläufen des mechanischen Recyclings, bestehen darüber hinaus die Möglichkeiten individuelle und auf spezifische Materialien und Produktkategorien ausgerichtete mechanisch basierte Recyclingsysteme zu entwickeln. Beispielhaft kann an dieser Stelle die von der Firma Altex Textil-Recycling GmbH & Co. KG entwickelte Maschine für das Recycling von Daunen hervorgehoben werden. Daunenhaltige Textilien können recycelt werden, indem die Textil- und Daunenkomponenten in einem innovativen Prozess getrennt werden. Nach einer anschließenden Reinigung und Feinsortierung können die Daunen wieder in neue Produkte zurückgeführt werden.



5.1.2 Chemisches Recycling

Rezyklate aus chemischen Recyclingverfahren können für diverse Anwendungen innerhalb der Herstellung von textilen Produkten verwendet werden. Input-Materialien sind meist man-made Fasern (eine Faserart, die synthetisch hergestellt wird und nicht auf natürlichen Vorkommen basiert) aus pre- und post-consumer Abfällen. Im Rahmen eines chemischen Verfahrens werden die Polymere der Input-Materialien in Oligomere oder Monomere heruntergebrochen und somit in ihre chemischen Ausgangsstoffe zerlegt. Diese Output-Materialien können für die Herstellung von neuen Polymeren genutzt werden. Geeignet sind homogene und bereits zerkleinerte Input-Materialien, da die Reinheit der Output-Materialien maßgeblich von dem Filtrationsgrad innerhalb des Prozesses abhängt. Nur gering kontaminierte oder reine Polymere in ihrer Ursprungsqualität können zum gewünschten Output führen. Materialarten wie Polyester und Nylon sind aufgrund der Fortschritte innerhalb der Forschung verhältnismäßig gut geeignet für diese Technologie. Auch Mischfasern aus natürlichen und synthetischen Fasern können im Zuge von neuartigen und weiterentwickelten Ansätzen Verwendung finden.¹²³ Neben den rein chemischen gibt es auch bio-chemische Prozesse. Durch den Einsatz von Enzymen werden hier biologische Transformationen initiiert. Dieser Prozess verwendet Mikroorganismen, um eine Umwandlung zu ermöglichen. In Forschungsprojekten wird sowohl die Umwandlung in Mehrwertprodukte¹²⁴ innerhalb anderer Industriezweige als auch die Re-Integrierung in textile Kreisläufe anvisiert.¹²⁵

Auf die im Rahmen des Interviews gestellte Frage, welche Ansätze der textilen Verwertungswege bereits bei Bekleidungsherstellern der Outdoor-Branche ein- und umgesetzt wurden, antwortete ein entsprechender Hersteller in Hinsicht auf die differenzierten Verwertungsmöglichkeiten wie folgt:

¹²³ Vgl. Becker 2022; Dönnebrink 1998, S. 117; Crippa et al. 2019; Mauter 2022.

¹²⁴ Im Englischen value-added products: Produkte, die verändert und/oder verbessert werden, um einen höheren Marktwert zu erzielen. In diesem Fall werden chemische Bestandteile als open-loop zum Teil in anderen Industrien eingesetzt, um dort nicht textile Produkte zu produzieren.

¹²⁵ Vgl. Ribul et al. 2021, S. 2; Eppinger 2022; Mauter 2022.

„Eine wichtige Voraussetzung ist, dass Produkte, im Sinne der Zirkularität gewichtsmäßig über 50 % aus recycelten Materialien bestehen müssen. Wir wollen das ganze Thema Recycling und auch die Nachfrage dafür fördern und sind sehr aktiv im Erforschen von neuen Recycling-Technologien. Wir haben ein schlagkräftiges Innovationsteam und arbeiten mit Forschungsinstituten zusammen. Der Fokus liegt dabei überwiegend auf dem chemischen statt mechanischen Recycling. Insbesondere bei Outdoor-Produkten ist man aktuell auf das chemische Recycling angewiesen. Wir können die Kritik in Hinsicht auf das chemische Recycling nicht immer nachvollziehen. Der Strombedarf beispielsweise sollte natürlich aus erneuerbaren Energien stammen.“

5.1.3 Thermisches Recycling

Das thermische Recycling von Textilien bezeichnet grundlegend die Verbrennung der textilen Fasern, um die darin enthaltene Energie zu nutzen. Ein Verfahren, das die molekulare Struktur des Kunststoffes jedoch erhält, ist die Kombination von thermischen und mechanischen Recyclingverfahren. Diese thermo-mechanische Technologie ist aufgrund der konkretisierten Prozessentwicklung noch in der Entstehung. Allgemein gefasst besteht mit dieser Technologie die Möglichkeit, beispielsweise Elasthan aus einer Mischfaser zu reinen synthetischen Textilfasern oder zu Rohstoffpellets zu verarbeiten. Dazu werden die Input-Materialien zerkleinert, geschmolzen und regranuliert. Output-Material sind die reinen Polymere mit den grundlegenden Eigenschaften der Input-Materialien. Der Rohstoff in Pelletform kann zur Herstellung von neuem synthetischem Garn genutzt werden und damit in den Produktionsprozess zurückgeführt werden.¹²⁶

5.2 Einfluss textiler Produkteigenschaften auf das Verwertungspotenzial

Die zielgerichtete Gestaltung von textilen Produkten kann die Konzipierung von Prozessen und Dienstleistungen in Hinsicht auf ein nachhaltiges Design unterstützen und den Übergang von einem linearen System zu einer zirkulären Kreislaufwirtschaft fördern. Um eine Basis für

¹²⁶ Vgl. Becker et al. 2022; Mauter 2022.

eine Verwertungsmethode am Ende des Produktlebenszyklus zu schaffen und die Effizienz zu fördern, kann sich dazu die Entwicklung von textilen Produkten an definierten Produkteigenschaften orientieren (vgl. Tabelle 5-1).¹²⁷

<i>Produkteigenschaften innerhalb der textilen Gestaltung</i>	Mechanisches Recycling	Chemisches Recycling	Allgemeingültigkeit für weitere Verfahren
<i>Fasermaterial (allgemein)</i>	x	x	x
<i>Faserinhalt/ Homogenität der Zusammensetzung</i>		x	x
<i>Auswahl der Verbindungen/Füge- und Trennverfahren</i>			x
<i>Gewebe-/Garnstrukturen</i>	x		x
<i>Veredelungen</i>	x	x	x
<i>Klebstoffe und Laminierung</i>			x
<i>Farben</i>	x	x	x
<i>Chemikalien</i>		x	x

Tabelle 5-1: Einflussfaktoren von textilen Produkteigenschaften für das Recycling im direkten Vergleich zu unterschiedlichen Recyclingverfahren¹²⁸

¹²⁷ Vgl. Niinimäki und Karell 2020, S. 16.

¹²⁸ eigene Darstellung in Anlehnung an Niinimäki und Karell 2020.

Auch im Rahmen der durchgeführten Interviews konnten Informationen aus der aktuellen Praxis der befragten Textil- und Bekleidungshersteller hinsichtlich ihrer Maßnahmen zum zirkulären Wirtschaften gesammelt werden. Insbesondere mit dem Fokus auf das potenzielle Recycling am Ende des Produktlebenszyklus der Bekleidung, hat ein (Outdoor-)Bekleidungshersteller aus dem B2C-Segment beispielsweise statuiert, dass bereits auf die Sortenreinheit der Gewebemischungen innerhalb des Design-Prozesses geachtet wird. Recycelbare Produkte mit überwiegend synthetischen Materialien werden getrennt verarbeitet und nicht mit in die Erstellung von Produkten aus ausschließlich biologisch abbaubaren Materialien oder natürlichen Fasern eingebunden.

Nachfolgend wird der Fokus auf die Konsument:innenperspektive gelegt.

6 Konsument:innenperspektive

Die Konsument:innen spielen eine wesentliche Rolle bei der erfolgreichen Umsetzung von Rücknahmesystemen zur textilen Aufbereitung und Verwertung. Um den Status quo hinsichtlich der Kenntnis und Nutzung von Rücknahmesysteme und insbesondere der textilen Aufbereitung zu ermitteln, wurde eine Umfrage in Form eines standardisierten Online-Fragenbogens¹²⁹ an Verbraucher:innen gesendet. Darüber hinaus liefert die Datenerhebung Informationen zum Bedarf an entsprechenden Dienstleistungen in der Gesellschaft sowie den vorherrschenden Hemmnissen aus Konsument:innenperspektive.

An der Umfrage haben 61 Personen (weiblich, männlich, divers) im Alter von 18 bis 65 Jahren teilgenommen, wobei die Altersgruppe 26 bis 35 Jahre, mit fester Anstellung sowie Studierendenstatus, am stärksten repräsentiert ist. Um ein möglichst umfassendes Bild von den Befragten zu erhalten, wurden zudem Informationen zum Kauf- und Konsumverhalten hinsichtlich der Bekleidung abgefragt. Im Durchschnitt geben die Befragten monatlich zwischen 20 bis 100 € und weniger für Bekleidung¹³⁰ aus, wobei der Großteil im Bereich von 50 € liegt (vgl. Abbildung 6-1).

¹²⁹ Vgl. Anhang (Kapitel 10.2 Verbraucher:innen-Fragebogen)

¹³⁰ *ausgenommen Unterwäsche, Strümpfe und Accessoires

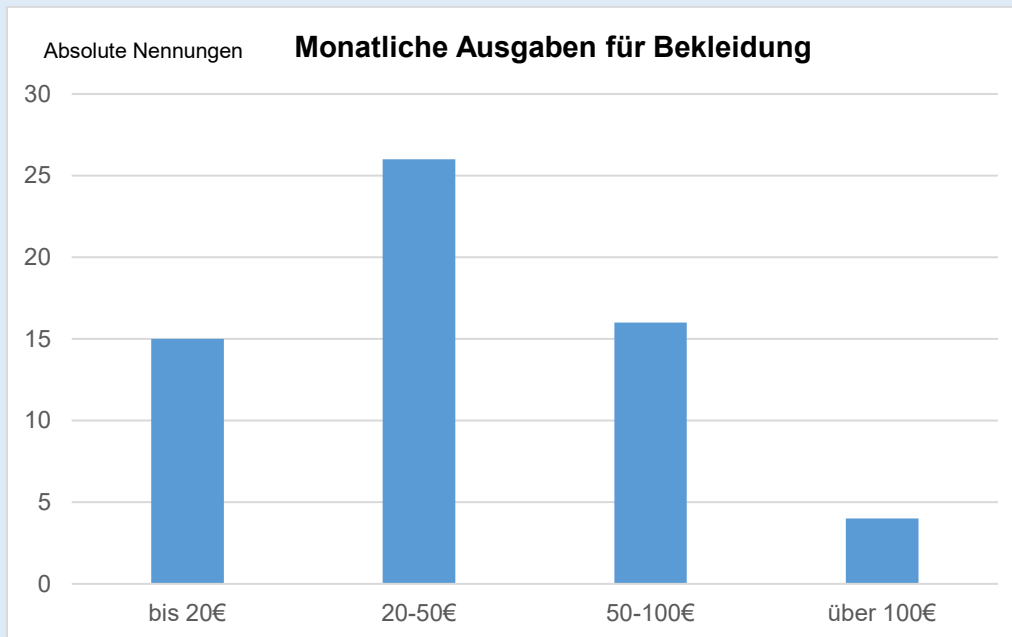


Abbildung 6-1: Monatliche Ausgaben für Bekleidung im Durchschnitt¹³¹

Der Preis trägt laut der Befragten zu einem Großteil der Kaufentscheidung bei. Weitere ausschlaggebende Aspekte beim Kauf von Bekleidung sind in der Altersgruppe 18 bis 25 Jahre in erster Linie der Style sowie ein aktueller Modegrad, während die Relevanz dieser Aspekte mit zunehmender Altersgruppe abnimmt. Die Wahl der Materialzusammensetzung spielt wiederum im Durchschnitt für alle Altersgruppen die größte Rolle. Das Angebot an zusätzlichen Leistungen, wie z. B. Reparatur- oder Abgabedienste, trägt aktuell eher zu geringem Maße bei der Kaufentscheidung bei. Die Auszeichnung mit einem Nachhaltigkeitsiegel sowie nachhaltige Marken finden durch alle Altersklassen eine mittlere Berücksichtigung. Für die Einschätzung, ob ein Unternehmen nachhaltig ist, verlassen sich die Befragten in erster Linie auf Zertifikate und Prüfsiegel oder sonstigen Angaben zur Herkunft, Lieferkette sowie kreislaufwirtschaftliche Ansätze. Im Durchschnitt wird die Bekleidung zwischen 3 bis 5 Jahre und länger von den Befragten getragen, bis diese weitergegeben oder entsorgt wird.

6.1 Befragungsergebnisse zur Reparatur und textilen Aufbereitung

Auf die Frage, ob bereits Reparatur- und Aufbereitungsangebote von Bekleidungsunternehmen und/oder Dienstleistern in Anspruch genommen wurden, antworteten 64 % der Befragten mit „Ja“ und 36 % mit „Nein“. Zu den Unternehmen, von denen

¹³¹ eigene Darstellung

bereits ein Aufbereitungsangebot in Anspruch genommen wurde, gehören (kleine, lokale) Schneidereien und Textilreinigungen, Schuhmacher aber auch (Outdoor-) Bekleidungshersteller wie Patagonia, Adidas, Jack Wolfskin, Goretex oder Avocado-Store. Abbildung 6-3 zeigt die Aufbereitungsverfahren mit absoluten Nennungen, welche bereits von den Endkund:innen genutzt wurden. Am häufigsten wurde das Einsetzen von Ersatzteilen wie Reißverschlüssen genannt, was sich mit den Aussagen der Expert:innen deckt (vgl. Kapitel 4). Die chemische Reinigung wurde am zweithäufigsten genannt. Aufbereitungsverfahren wie die Lederaufbereitung, nähtechnische Reparaturen oder Imprägnierungen wurden weniger häufig genutzt. Nähtechnische Reparaturen, das Stopfen und Flickern als auch das Einsetzen von Ersatzteilen wie Knöpfen, werden von den Konsument:innen laut der Befragung selbstständig an ihrer Bekleidung durchgeführt. Hierbei handelt es sich um einfachere Aufbereitungsaktivitäten als das Austauschen von Reißverschlüssen, weshalb hier keine Nutzung von externen und ggf. kostenpflichtigen Services notwendig ist.

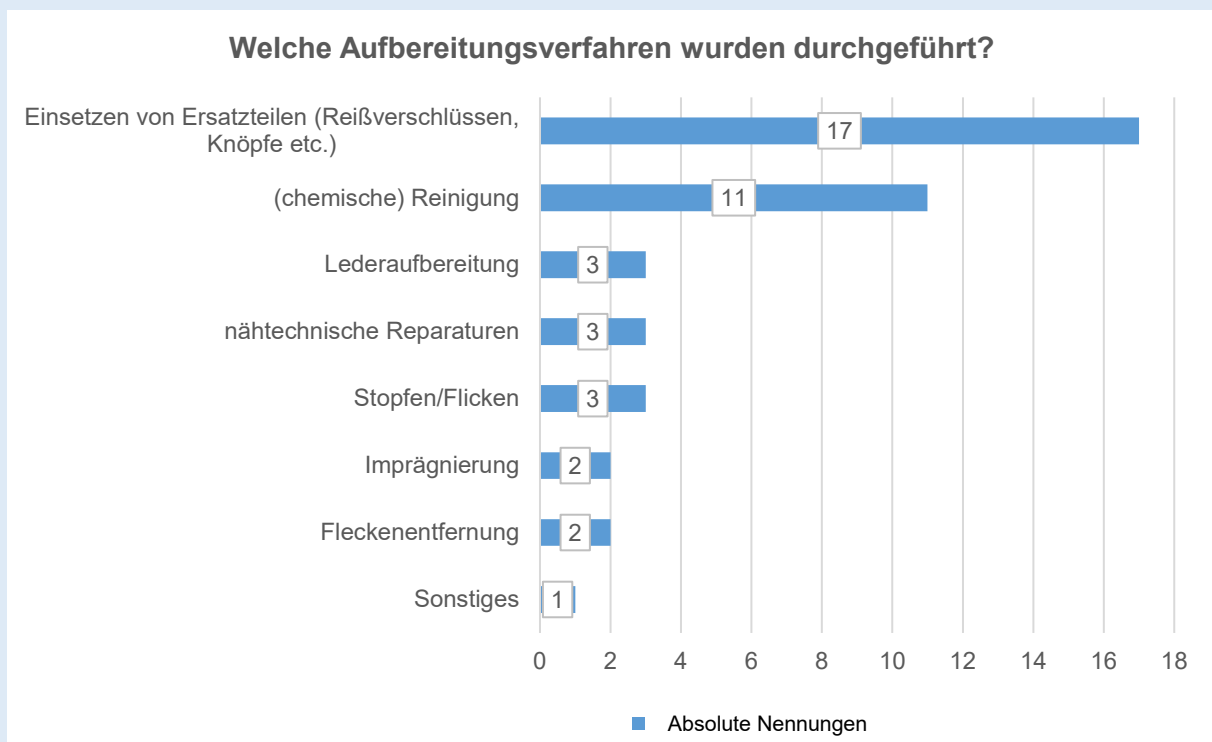


Abbildung 6-2: Bereits genutzte Aufbereitungsverfahren¹³²

Als Gründe für die Nichtnutzung von Reparatur- und Aufbereitungsverfahren wurde vorrangig das mangelnde Angebot am Markt von den Befragten aufgeführt, aber auch der damit

¹³² eigene Darstellung

verbundene Aufwand wird als konkreter Grund von 11 Teilnehmer:innen genannt (vgl. Abbildung 6-4). Hieraus lässt sich schließen, dass der Aufbau eines derartigen Services bei den Verbraucher:innen Anklang finden kann, jedoch eine einfache Umsetzung und eine ausreichende sowie ansprechende Information der Endkonsument:innen dabei essenziell ist. 12 Teilnehmer:innen gaben hingegen keinen persönlichen Bedarf aufgrund keiner defekten Bekleidung als Erläuterung an. Vor dem Hintergrund einer möglichst langen Nutzungsdauer, wie sie durch die EU Textilstrategie forciert wird, kann hier die Relevanz zukünftig zunehmen. Ein geringer Teil der Verbraucher:innen bevorzugt den Kauf neuer Artikel gegenüber einer Reparatur.

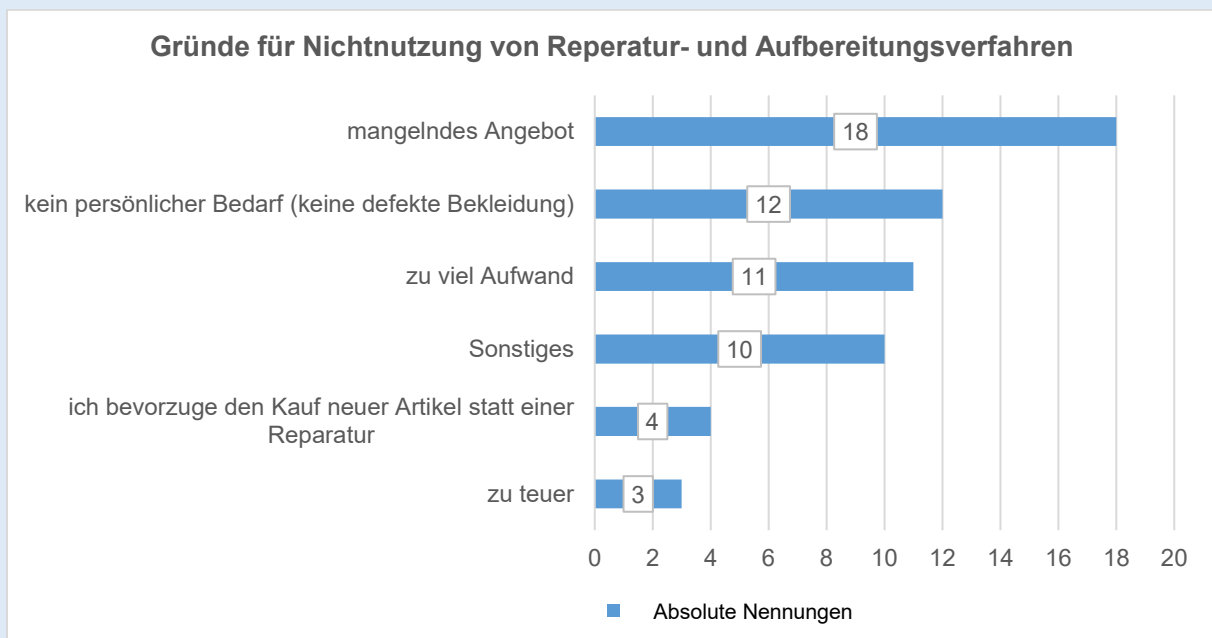


Abbildung 6-3: Gründe für die Nichtnutzung von Reparatur- und Aufbereitungsservices¹³³

Zudem wurden die Konsument:innen gefragt, wie sie zukünftig bei Mängeln, z. B. einem defekten Reißverschluss, einer defekten Naht, Löchern, losen Knöpfen, Pilling, einer defekten Beschichtung, fehlerhaftem Gewebe oder Verformung und Verzug verfahren würden. Als Antwortmöglichkeiten waren die Entsorgung, selber reparieren/aufbereiten, eine Serviceleistung nutzen und ohne Mängelbeseitigung weitertragen möglich. Im Anhang sind die Ergebnisse nach Mängeltyp in Abbildung 10-1 bis Abbildung 10-8 veranschaulicht. Bei einer defekten Naht, Löchern, und losen Knöpfen wurde mehrheitlich die Antwortmöglichkeit selber reparieren/aufbereiten gewählt. Bei einem defekten Reißverschluss und einer defekten Beschichtung würden 61 % bzw. 37 % eine Serviceleistung nutzen. Im Fall von Pilling lautet

¹³³ eigene Darstellung

die häufigste Antwort ohne Mängelbeseitigung weitertragen, wohingegen die Mehrheit der Befragten bei einem fehlerhaften Gewebe oder Verformungen der Bekleidung die Artikel entsorgen würde.

Die befragten Konsument:innen sind zu 92 % dazu bereit, für einen Reparatur- und Aufbereitungsservice selbst aufzukommen. Abbildung 6-12 gibt Aufschluss darüber, welchen Preis die Befragten theoretisch bereit sind, für Reparatur- und Aufbereitungsleistungen zu bezahlen. 61 % der Verbraucher:innen würden bis zu 5 % des ursprünglichen Kaufpreises investieren. Für 36 % dürften die Serviceleistungen sogar mehr als 5 % des Originalpreises kosten.

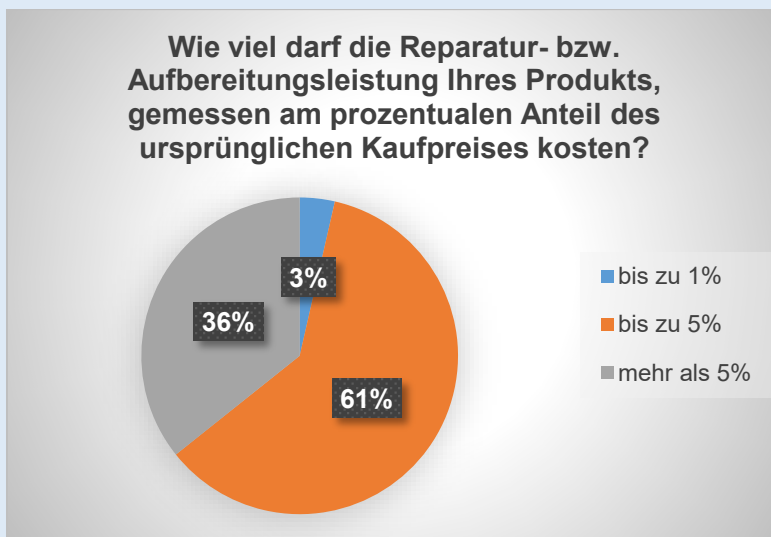


Abbildung 6-4: Zahlungsbereitschaft für Reparaturleistungen¹³⁴

Grundsätzlich zieht die Mehrheit der Verbraucher:innen (39 Befragte) die Möglichkeit der textilen Aufbereitung und Reparatur dem Neukauf von Bekleidung vor. Drei Befragte sprachen sich für neue Bekleidung aus, während 19 Teilnehmer:innen „vielleicht“ antworteten. Zu den Gründen für eine Präferenz von textiler Aufbereitung gehören:

¹³⁴ eigene Darstellung

- Nachhaltigkeit/Umweltgedanke
- Ressourcenschonung (Müllvermeidung)
- Verlängerung des Produktlebenszyklus von Bekleidungsstücken
- Minimalistischer/sparsamer Lebensstil
- Kleinere Mängel, die unkompliziert zu beheben sind, stellen keinen Grund für den Neukauf dar

- Bei Artikeln einer höheren Preisklasse lohnt sich die Aufbereitung
- Reparatur/Aufbereitung ist preisgünstiger als der Neukauf

- Erhalt von „Lieblingsstücken“ (gute Passform, Bekleidung mit persönlicher Bedeutung, die weitergetragen werden wollen)
- Erhalt von hochwertigen Bekleidungsstücken
- Das gleiche Produkt ist nicht mehr auf dem Markt erhältlich und kann nicht nachgekauft werden

- Weniger Stress als beim Neukauf, der eine Entscheidungsfindung erfordert
- Bequemlichkeit

Zu den Rahmenbedingungen, die laut der Befragten gegeben sein müssen, damit ein Reparatur- und Aufbereitungsservice zukünftig genutzt werden würde, gehören eine qualitativ hochwertige Reparatur bzw. Aufbereitung, ein kostengünstiger und schneller Service sowie die Garantie, dass die Bekleidungsstücke ihre Passform beibehalten.

6.2 Befragungsergebnisse zur textilen Verwertung

Des Weiteren wurde im Rahmen der Verbraucher:innenumfrage eruiert, ob die Teilnehmenden bereits Rücknahmesysteme von Bekleidungsunternehmen für die Abgabe von Altkleidern im Geschäft oder online in Anspruch genommen haben. 79 % der Befragten verneinten dies, während 21 % diese Option bereits genutzt haben. 71 % der Verbraucher:innen, welche bereits ein Abgabe in Anspruch genommen haben, nutzten dafür einen Sammelcontainer oder Sammelbehälter im Geschäft und 29 % den Versand von zu Hause aus. Händler wie H&M, Reno, Zalando, Adidas, &other stories als auch Systeme wie Sellpy oder iCollect wurden in Verbindung mit den in Anspruch genommenen Rücknahmesystemen genannt. Als Gründe für die bisherige Nichtnutzung wurden folgende aufgeführt:

„Ich habe mich nicht darüber informiert.“

„Ich kenne solche Systeme nicht.“

„In meinem Umkreis wird dieser Service nicht angeboten und online ist es zu umständlich.“

„Das Angebot ist unzureichend.“

„Bisher habe ich kein Angebot von meinen getragenen Marken gefunden.“

„Ich bin nicht sicher, ob jeder Hersteller alle Altkleider zurücknimmt.“

„Ich habe die Befürchtung, dass Altkleider bei der Abgabestelle weggeworfen werden.“

„Ich habe Zweifel, ob die Altkleider wirklich recycelt werden.“

„Ich denke, das ist nicht nachhaltig.“

„Als Dankeschön gibt es meist einen Gutschein, doch ich möchte keine neue Kleidung kaufen.“

„Gutscheine verleiten zum unnötigen Neukauf.“

„Ich kaufe sehr selten Neues ein.“

„Ich kaufe fast nur gebrauchte Kleidung mit Ausnahme von hygienischen Bekleidungsartikeln.“

„Zu viel Aufwand.“

„Es ist zu kompliziert.“

„Wäre mir zu umständlich, da ich mich bei jedem einzelnen Kleidungsstück mit der separaten Rückgabe beschäftigen müsste.“

„Bisher habe ich immer vergessen, Altkleider mitzunehmen.“

„Die Abgabe über Container ist einfacher.“

„Andere Möglichkeiten waren bequemer.“

„Ich müsste Extrawege bzw. die Organisation des Versands in Kauf nehmen.“

„Das kann das Rote Kreuz erledigen.“

Die Aussagen lassen auf ein bisher mangelndes bzw. zu wenig ausgebautes Angebot im Markt schließen. Oft herrscht außerdem Unkenntnis über die Abgabemöglichkeiten und nicht alle von den Endverbraucher:innen bevorzugte Marken bieten ein entsprechendes System an. Zudem herrschen Zweifel an der Nachhaltigkeit des Systems und der tatsächlichen Recyclingquote der Altkleidersammlung. Für einige Befragte stellt ein Incentive-Programm, in Form eines Vouchers oder Einkaufsgutscheins, einen Widerspruch zum nachhaltigen Aspekt der textilen Verwertung dar, da kein Interesse am erneuten Konsum besteht. Andere

Verbraucher:innen werden von dem vermeintlichen Aufwand davon abgehalten, ein entsprechendes System zu nutzen.

Abbildung 6-14 zeigt, wo bzw. wie Altkleider bisher von den Konsument:innen entsorgt wurden. 43 Personen gaben die Containersammlung an, welche die am meisten genutzte Variante darstellt. Jeweils 31 Verbraucher:innen nannten die Weitergabe an Familie und Bekannte, die Abgabe bei sozialen Einrichtungen und eine Entsorgung über den Restmüll. Auch der Secondhand-Verkauf stellt eine gängige Methode dar. Die Abgabe beim Recyclinghof, die Korbsammlung vor der Haustür als auch die Store-Abgabe wurden deutlich seltener benannt.¹³⁵

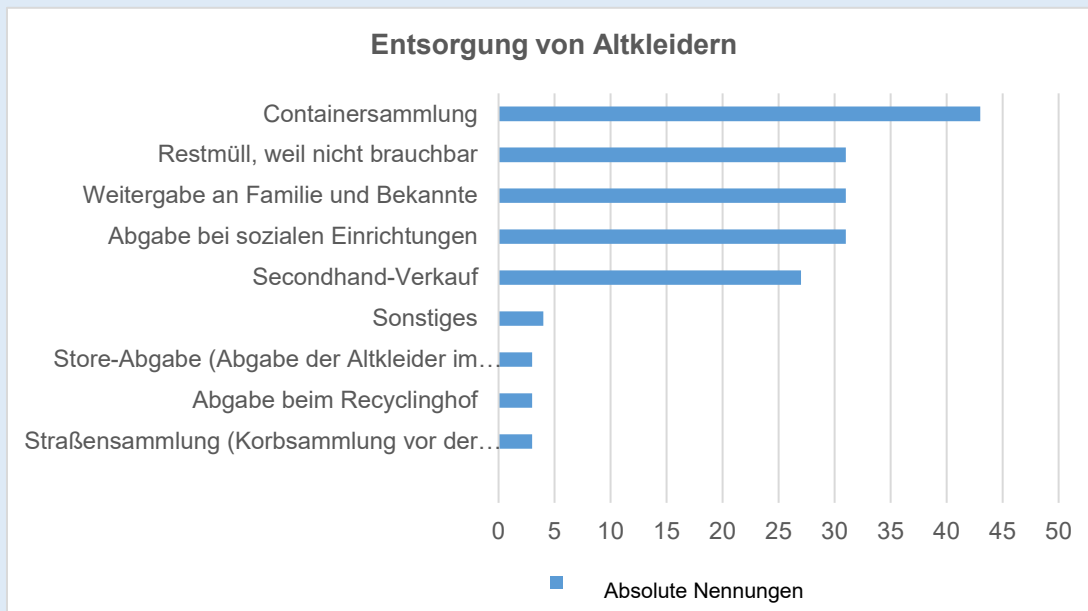


Abbildung 6-5: Entsorgungswege von Altkleidern¹³⁶

Insgesamt lässt sich schlussfolgern, dass die Verbraucher:innen von (Outdoor-)Bekleidung zu einem gewissen Maß bereits über ein Bewusstsein für Nachhaltigkeit im Rahmen ihres Konsumverhaltens verfügen, welches jedoch noch ausbaufähig ist. Reparatur- und Aufbereitungsservices werden bereits von einigen Verbraucher:innen genutzt, um hochwertige und beliebte Kleidungsstücke zu erhalten und so einen Beitrag zur Ressourcenschonung zu leisten. Hierbei werden auch lokale Anlaufstellen, die nicht in Verbindung zur Marke oder Bekleidungshändler stehen, genutzt. Dies zeigt Potenzial für die Kooperation mit bereits

¹³⁵ Mehrfachnennungen waren bei dieser Frage möglich.

¹³⁶ eigene Darstellung

bestehenden lokalen Dienstleistungsanbieter, sodass ein Reparaturservice nicht zwangsläufig direkt im Unternehmen aufgebaut werden muss. Alternative Abgabemöglichkeiten für Altkleider neben der klassischen Containersammlung sind hingegen noch nicht mehrheitlich etabliert. Dazu führen Unwissenheit über die bestehenden Möglichkeiten und ein noch nicht im großen Maßstab verfügbares und demnach mangelndes Angebot am Markt. Um den Vorbehalten der Konsument:innen entgegen zu wirken, kann es von Vorteil sein, wenn Bekleidungshändler die Sammlung im Store markenunabhängig anbieten und diverse Kommunikationskanäle nutzen, um ihre Kund:innen darüber zu informieren. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls von Bedeutung transparent darüber zu berichten, was mit den abgegebenen Altkleidern passiert.

7 Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Bekleidung

Bekleidungshersteller und Retailer können aktiv zur Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Bekleidung beitragen. Eine fundamentale Unterstützung hierzu bietet nicht nur die Kenntnis über die eingesetzten Materialien bei der Produktion/Neuherstellung von Bekleidungstextilien, sondern auch Informationen über die auftretenden Mängel während der Nutzungsdauer. Diese wurden exemplarisch in Kapitel 4 benannt. Während der Expert:inneninterviews wurde auch der Frage nachgegangen, wie es zu Kenntnissen über die Beschädigungen und Mängel der markeneigenen Produkte während der Nutzungsdauer kommt. Ein Unternehmen erklärte, dass durch die gute interne Vernetzung eine grobe Auffassung über die häufigsten Mängel besteht. Zwei Expert:innen nannten in diesem Kontext Dokumentationsverfahren bei auftretenden Reparaturen, Reklamationen und Retouren. Die Auswertung dieser Daten fließe dann bei der Produktentwicklung mit ein. Es empfiehlt sich also, eine unternehmenseigene Datengrundlage zu schaffen, um Optimierungspotenziale zu identifizieren und bei zukünftigen Produktentwicklungen die Reparatur- und Recyclingfähigkeit von Beginn an zu berücksichtigen sowie aus vergangenen Fehlern zu lernen.

- **Tipp 1: Informationen sammeln und Datengrundlage für die Produktentwicklung schaffen**

Auf die Frage, ob die Reparaturfähigkeit bei der Produktentwicklung berücksichtigt würde und welche Rolle sie während der Produktentwicklung spiele, wurden folgende Antworten von den befragten Expert:innen gegeben:

„Ja und zwar arbeitet das Produktmanagement eng mit der Produktentwicklung zusammen. Wir sind dort im ständigen Austausch, sodass wir schon bei den Anproben oder auch bei den Designs unsere Anmerkungen geben und sagen hier haben wir ein Problem. Wir haben unsere Einsprüche und das Design schaut dann, in wie weit sie von ihrem Modeaspekt abgehen können, um einen reparaturfähigen Artikel zu entwickeln. Zum Beispiel achten wir darauf, wenn Sachen geklebt werden, ob nicht lieber genäht werden kann, weil Kleben schwieriger zu reparieren ist als eine Naht.“

„Auf jeden Fall! Es gibt immer mehr Marken, die wir dann z. B. auch im Rahmen von einer grüneren Wahl honorieren. Wenn sie in ihrem Design Prozess die Reparaturfähigkeit berücksichtigen, können sie in unserem System Angaben machen und dann gibt es ein Scoring, bei dem jeder sehen kann, wie schneidet jetzt ein Produkt, wenn ich es so produzieren lasse, zum Thema Zirkularität und Reparaturfähigkeit ab. Es gibt immer mehr Marken, die solche Faktoren berücksichtigen.“

„Wir versuchen bei den Applikationen und Verschlussmitteln auf hochwertige Markenprodukte zurückzugreifen, weil ein Reißverschluss oder ein Knopf oder eine Sollbruchstelle die Lebensdauer von einem Produkt extrem verringern kann. Wir haben jetzt nicht einen Zipper, den wir die ganze Zeit durchlaufen lassen, weil das alleine schon wegen den Größen usw. nicht immer passt. Ist die Jacke z. B. 10 cm länger, dann passt der Zipper nicht mehr rein. Aber wir haben immer die Möglichkeit, wenn ein Zipper kaputt ist, den auch wieder nachzubeziehen von unserer Produktion. Die haben meistens ein bis zwei Größen auf Lager und dann kann man das Originalteil wieder einbauen oder austauschen. Wir versuchen schon in der Verarbeitung darauf zu achten, dass es austauschbar ist, dass es so eingenäht ist, dass man die Jacke nicht komplett auseinandernehmen muss und sie dann nicht mehr funktioniert.“

„Wir haben einen Reparaturindex entwickelt: jedes Produkt durchläuft diesen Reparaturindex mit Fragen wie:

- Wie reparierbar ist mein Produkt?
- Wie aufwendig ist das?
- Wer kann das machen?
- Brauche ich Ersatzteile?
- Brauche ich Werkzeuge?

Die Hauptfeatures werden einzeln auf Reparierfähigkeit bewertet, dann kommt eine Punktzahl raus und es kann eine bewusste Entscheidung getroffen werden, ob noch etwas verbessert wird oder nicht.“

Aus den Antworten lässt sich schlussfolgern, dass die verschiedenen Abteilungen zusammenarbeiten sollten und Expert:innen aus dem Produktmanagement auch im Designprozess Anregungen geben sollten. Die Reparatur- und Recyclingfähigkeit sollte bei der Produktentwicklung mit hoher Priorität berücksichtigt werden. Dazu können interne Scoring-Systeme oder Indize als Entscheidungsstütze genutzt werden. Zusätzlich bedarf es Abstimmungen zwischen der Produktentwicklung und den jeweiligen Produktionsstätten hinsichtlich der praktischen Umsetzung der Design-Anforderungen.

- **Tip 2: Designkriterien in Bezug auf die Reparatur- und Recyclingfähigkeit innerhalb der Produktentwicklung priorisieren (z. B. Einsatz hochwertige Materialien, Verwendung einheitlicher Materialien, Modulare Produktsysteme, standardisierte Ersatzteilmaterialien).**

Um einen angemessenen Reparatur- oder Recyclingprozess zu etablieren, ist es notwendig, die Datengrundlage und Kenntnisse hinsichtlich der notwendigen Maßnahmen innerhalb der Produktentwicklung zu priorisieren. Der Herstellungsprozess von Textilien sollte demnach auf ein Produktdesign im Sinne eines geschlossenen Kreislaufs ausgerichtet sein. Insbesondere für das Recycling von Textilien gilt: Der Prozess muss technisch und unter ökologischen sowie ökonomischen Bedingungen umsetzbar sein, um auch langfristig tragfähig für beispielsweise Bekleidungshersteller zu sein.

Neben dem Einfluss der Produktenwicklung können jedoch auch nachgelagerte Schritte, insbesondere im B2B-Segment eine wichtige Rolle spielen, um Retouren sowie eine Reparatur bzw. Aufbereitung zu vermeiden. Hierzu zählen eine intensivierete On-Site Kontrolle während der laufenden Produktion sowie Qualitätskontrollen vor der Auslieferung. Doch auch logistische Parameter, wie eine angemessene Ladungssicherung tragen zur Vermeidung von Reparatur- und Aufbereitungsarbeiten von vornherein bei.

- **Tipp 3: Vermeidung von Retouren und vorzeitigen Reparatur-/Aufbereitungsarbeiten durch erhöhte Qualitätskontrolle.**

Im Sinne eines Rücknahmesystems für Aufbereitungs- als auch Verwertungssysteme ist es notwendig, einen Standort für Sortier- und Entscheidungsprozesse der zurückgenommenen Textilien zu errichten. Voraussetzung für die Entscheidung der Reparierfähigkeit ist die Einschätzung von Expert:innen. Ist das Produkt nicht mehr für die Reparatur geeignet, wird es einem Verwertungssystem zugeführt. Es bedarf für Reparaturen und Verwertungsanlagen wiederum einer Mindestanzahl zurückgenommener und gesammelter Bekleidungsprodukte, um die Wirtschaftlichkeit eines jeden Akteurs zu gewährleisten. Die Bündelung dieser Mengen sollte systematisch eingerichtet werden. Hierbei kann es von Vorteil sein, Synergien durch Kooperationen mit weiteren Bekleidungsherstellern eines gleichen Sektors (z. B. Outdoor-Branche) zu schaffen. Entsprechende Konzepte und Möglichkeiten der Umsetzung werden im weiteren Verlauf dieses Projekts entwickelt, im Zuge einer praktischen Umsetzung evaluiert und am Ende der Projektlaufzeit im Frühjahr 2024 veröffentlicht.

- **Tipp 4: Vorgelagerte Sortier- und Bündelungsstationen für die Aufbereitungs- und Verwertungsprozesse errichten sowie Aufbau eines Kooperationsnetzwerks.**

Wie in Kapitel 6 erläutert, spielen die Konsument:innen eine erhebliche Rolle, wenn es darum geht, ein erfolgreiches System zur Reparatur- und Aufbereitung sowie Rücknahme von Altkleidern aufzubauen. Eine zielgruppengerechte Information zu einem entsprechenden Service sowie eine transparente Kommunikation, insbesondere bzgl. des Umgangs mit Altkleidern, ist hierbei von besonderer Relevanz. Damit das System auch von den Konsument:innen genutzt wird, muss es einfach und intuitiv aufgebaut sein. Digitale Lösungen, bspw. in Form eines QR-Code können hierbei eine Möglichkeit sein. Dennoch sind entsprechend dem Kaufverhalten der Kund:innen auch weitere Kommunikationswege zu

berücksichtigen. In jedem Fall sollten diese bereits beim Kauf eines neuen Produktes auf den Service aufmerksam gemacht werden. Neben einem Reparatur-Service können ebenfalls Anleitungen zur eigenständigen Reparatur durch die Verbraucher:innen sowie eine einfache Ersatzteillieferung angeboten werden.

- Tipp 5: Zielgruppengerechtes Angebot, welches neben Online-Systemen ebenfalls Offline-Angebote in Verbindung mit lokalen Anbietern vorsehen kann.

8 Fazit und Ausblick

Bereits jetzt existieren Alternativen zum schnelllebigen Modekonsum, wie zum Beispiel wachsende Secondhand-Angebote und Kleidertauschparties oder Leihmodelle. Auch Reparatur- und Aufbereitungsservices von Bekleidungsherstellern und Retailern gehören dazu. Mit dem vorliegenden Handbuch zur textilen Aufbereitung und Verwertung wurde aufgezeigt, dass diverse Möglichkeiten bestehen, um den Produktlebenszyklus von Bekleidung zu verlängern und somit nachhaltig zu wirtschaften. Hersteller können aktiv handeln und entlang der textilen Kette Einfluss nehmen, sodass die Potenziale von Bekleidung für Reparatur-, Aufbereitungs- und Verwertungsverfahren wachsen. Dazu ist ein vertiefender Blick auf die Produkteigenschaften unabdingbar. Zudem müssen die Endkonsument:innen bei der Planung und Umsetzung berücksichtigt werden, damit entsprechende Systeme Anklang finden. Es bedarf partnerschaftlicher Kooperationen entlang der textilen Kette von der Produktentwicklung bis hin zur Verwertung, damit ein tragfähiges und für alle Partner wirtschaftlich umsetzbares System aufgebaut werden kann.

Insbesondere in Bezug auf ein ganzheitliches und wirtschaftlich tragfähiges System hinsichtlich der Rückführung von (Alt-)Textilien in den Kreislauf, herrscht derzeit noch ein Defizit in der Textil- und Bekleidungsbranche. Durch die Bündelung der relevanten Akteure innerhalb des Projektes, insbesondere dem Einbezug von Recycling- sowie Aufbereitungsunternehmen, können die jeweiligen Anforderungen berücksichtigt werden. Auf dieser Basis kann nun, aufbauend auf ein bereits bestehendes Reparatur- und Aufbereitungsmodell, ein entsprechendes Businessmodell sowie Konzept zur Rückführlogistik aufgebaut werden. Die Logistik und die damit einhergehenden Kosten bilden einen zentralen Aspekt des Businessmodells und des implizierten wirtschaftlichen Erfolgs. Die zentrale Herausforderung besteht darin, dass die Prozesse zum einen skalierbar sind und zum anderen auch bereits bei kleineren Mengen wirtschaftlich umsetzbar sind. Es wird darüber hinaus auch die Möglichkeit von E-Commerce-Retourenprozessen Berücksichtigung finden.

Die praktische Erprobung der Konzeptentwicklung ermöglicht sodann eine direkte Rückkopplung der Erfahrungswerte und die Weiterentwicklung des Modells, welches in Form eines Leitfadens der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt wird. Dies erleichtert der Branche den Einstieg in ein kreislauforientiertes Wirtschaftssystem sowie die Umsetzung zukünftiger Anforderungen im Rahmen der EU Textilstrategie.

Kontaktieren Sie uns gerne!



Prof. Dr.-Ing. Markus Muschkiet, Projektleiter
+49 (0)2161/186 -6130
markus.muschkiet@hs-niederrhein.de



Natalie Fohrer, M. Sc.
+49 (0)2161/186 -6144
natalie.fohrer@hs-niederrhein.de



Sabrina Mauter, B. Sc., B. Eng.
+49 (0) 2161 186-6144
sabrina.mauter@hs-niederrhein.de



Benita Rau, M. Sc.
+49 2161 186-6019
benita.rau@hs-niederrhein.de

9 Literaturverzeichnis

allbuyone gmbh (2022): Klebeband Textil. Hg. v. allbuyone gmbh. Online verfügbar unter <https://www.allbuyone.com/de/klebeband/textilklebeband/klebeband-textil.html?c=14&number=1008136#>, zuletzt geprüft am 08.06.2022.

Baker, Marjorie (2007): Clothing Repair. Hg. v. University of Kentucky - College of Agriculture. Online verfügbar unter <https://fcs-hes.ca.uky.edu/sites/fcs-hes.ca.uky.edu/files/ct-mmb-147.pdf>.

Becker, Amrei (2022): Webinar - Fachverband Textilmaschinen. Recycling of man-made fibres - challenges and solutions towards a textile circular economy. Current developments of technical solutions for textile recycling. Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen University. IndustryArena GmbH, 19.01.2022. Online verfügbar unter <https://de.industryarena.com/vdma-textile-machinery/webinar/aufzeichnung/1373899388>, zuletzt geprüft am 27.01.2022.

Becker, Amrei; Thiel, Jan; Schöpe, Carolin; Gries, Thomas (2022): ITA: Current challenges and solutions for the recycling of (mixed) synthetic textiles. In: *www.textiletechnology.net*, 04.04.2022. Online verfügbar unter <https://www.textiletechnology.net/fibers/trendreports/ita-current-challenges-and-solutions-for-the-recycling-of-mixed-synthetic-textiles-31929>, zuletzt geprüft am 02.06.2022.

bvse (o.J.): Zahlen zur Sammlung und Verwendung von Altkleidern in Deutschland. Online verfügbar unter <https://www.bvse.de/themen/geschichte-des-textilrecycling/zahlen-zur-sammlung-und-verwendung-von-altkleidern.html>, zuletzt aktualisiert am 05.01.2023, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

bvse (2020): bedarf, Konsum und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. Online verfügbar unter https://www.bvse.de/dateien2020/1-Bilder/03-Themen_Ereignisse/06-Textil/2020/studie2020/bvse%20Alttextilstudie%202020.pdf, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Chrobot, Pauline; Faist, Mireille; Gustavus, Lori; Martin, Amanda; Stamm, Annabelle; Zah, Rainer; Zollinger, Michele (2018): Measuring Fashion. Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries Study. Full report and methodological considerations. Hg. v. Quantis, zuletzt geprüft am 17.05.2022.

Crippa, Maurizio; Wilde, Bruno de; Koopmans, Rudy; Leyssens, Jan; Muncke, Jane; Ritschkoff, Anne-Christine et al. (2019): A circular economy for plastics. Insights from research

and innovation to inform policy and funding decisions. Hg. v. Michiel de Smet und Mats Linder. Luxembourg: Publications Office of the European Union, zuletzt geprüft am 27.01.2022.

Dönnebrink, Hendrik (1998): Die Sammlung und Verwertung von Alttextilien. Eine empirische Analyse vor dem Hintergrund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Zugl.: Münster (Westfalen), Univ., Diss., 1997. Münster: FATM (Schriften zur Textilwirtschaft, 51), zuletzt geprüft am 27.01.2022.

EHI Retail Institute (2021): Der Textil- und Bekleidungseinzelhandel in Deutschland | Handelsdaten.de | Statistik-Portal zum Handel. Online verfügbar unter <https://www.handelsdaten.de/dossiers/der-textil-und-bekleidungseinzelhandel-deutschland>, zuletzt aktualisiert am 05.01.2023, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Ellen MacArthur Foundation (2017): A new textiles economy: Redesigning fashion's future. Online verfügbar unter <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>, zuletzt geprüft am 11.05.2020.

Eppinger, Elisabeth (2022): Recycling technologies for enabling sustainability transitions of the fashion industry: status quo and avenues for increasing post-consumer waste recycling. In: *Sustainability: Science, Practice and Policy* 18 (1), S. 114–128. DOI: 10.1080/15487733.2022.2027122.

Etsy, Inc. (2022): Schafthknöpfe aus Polyester Horn. Hg. v. Etsy, Inc. Online verfügbar unter https://www.etsy.com/de/listing/1144884465/1-25mm-40l-polyester-horn-schafthknöpfe?ga_order=most_relevant&ga_search_type=all&ga_view_type=gallery&ga_search_query=schafthkn%26ouml%3Bpfe&ref=sr_gallery-3-38&sts=1, zuletzt geprüft am 06.07.2022.

Europäische Kommission (2021): COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles. Hg. v. Europäische Kommission. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0141>, zuletzt geprüft am 20.04.2023.

European Environment Agency (EEA) (2022): Ressourcenverbrauch der Textil- und Bekleidungswirtschaft in der vorgelagerten Lieferkette der Verbrauchsbereiche der EU-27-Haushalte im Jahr 2020. Hg. v. European Environment Agency (EEA). Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-and-the-environment-the>, zuletzt geprüft am 20.04.2023.

Fachverband Textilrecycling (04.02.2021): Keine Altkleidersammlung ist auch keine Lösung. Online verfügbar unter <https://www.bvse.de/gut-informiert-textil-recycling/pressemitteilungen-textilrecycling/6824-keine-altkleidersammlung-ist-auch-keine-loesung.html>, zuletzt geprüft am 04.10.2022.

Fairlier (2022): Fast Fashion – Definition, Fakten, Folgen für Mensch & Umwelt. In: *Fairlier*, 21.04.2022. Online verfügbar unter https://fairlier.de/wissen/fast-fashion/#_ftn34, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Forschungskuratorium Textil e. V (2020): Perspektiven 2035. Ein Leitfadens für die textile Zukunft, Langfassung. Online verfügbar unter https://textil-mode.de/media/documents/Perspektiven2035_Langfassung.pdf, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Gemeinschaft für textile Zukunft et al. (2021): Informationen – Hintergründe – Strategien zum Umgang mit Alttextilien. Unter Mitarbeit von Jean Bilsheim, Rainer Binger, Martin Bösch und Paul Doertenbach. Hg. v. Gemeinschaft für textile Zukunft (Textile Zukunft), zuletzt geprüft am 20.01.2022.

Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie (2022): Nachhaltigkeit in der Textil- und Bekleidungsindustrie, zuletzt geprüft am 11.04.2022.

Gladel, Roswitha (2022): Textilklebeband - darauf müssen Sie achten. Hg. v. Helpster.de. Online verfügbar unter https://www.helpster.de/textilklebeband-darauf-muessen-sie-achten_67253, zuletzt geprüft am 08.06.2022.

Globetrotter Ausrüstung GmbH (2020): Reißverschluss reparieren. Hg. v. Globetrotter Ausrüstung GmbH und [globetrotter.de](https://www.globetrotter.de). Online verfügbar unter <https://www.globetrotter.de/magazin/reissverschluss-reparieren/>, zuletzt aktualisiert am 09.06.2020.

Globetrotter Ausrüstung GmbH (2022): Textil- und Schuhrücknahme. Hg. v. Globetrotter Ausrüstung GmbH. Unternehmenswebsite. Online verfügbar unter <https://www.globetrotter.de/ueber-globetrotter/nachhaltigkeit/textil-und-schuhrecycling/>, zuletzt geprüft am 11.04.2022.

Gries, Thomas; Veit, Dieter; Wulfhorst, Burkhard (2019): Textile Fertigungsverfahren. Eine Einführung. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.

Gustav Sandin; Sandra Roos; Björn Spak; Bahareh Zamani; Greg Peters (2019): Environmental assessment of Swedish clothing consumption – six garments, sustainable futures, zuletzt geprüft am 17.05.2022.

H & M Hennes & Mauritz GBC AB (2022): Let's close the loop. Die wichtigsten Trends: Recyceln und Reparieren. Unternehmenswebsite. Online verfügbar unter https://www2.hm.com/de_de/nachhaltigkeit-bei-hm/our-work/close-the-loop.html, zuletzt geprüft am 11.04.2022.

Harmsen, Paulien; Scheffer, Michiel; Bos, Harriette (2021): Textiles for Circular Fashion: The Logic behind Recycling Options. In: *Sustainability* 13 (17), S. 9714. DOI: 10.3390/su13179714.

Hasenclever, Kaspar (2007): Dry Cleaning of Textiles. In: Ingegärd Johansson und P. Somasundaran (Hg.): Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces. 1. Aufl., S. 407–425, zuletzt geprüft am 07.06.2022.

Himmelsbach, Meinrad; Himmelsbach, C.; Gämperle, R.; Gläßer, H.; Ring, W.; Rößler, M. et al. (2018): Fachwissen Professionelle Textilpflege. 1. Auflage. Haan-Gruiten: Verlag Europa Lehrmittel.

IQS Solutions GmbH (Thomas, Semih) (2022): Möglichkeiten der textilen Aufbereitung zur Verlängerung der Nutzungsdauer, 09.08.2022.

Kit; Ecodesign (2022): Funktionsfähiges Rücknahmesystem für Alttextilien. Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Umweltbundesamt (UBA). Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH. Online verfügbar unter <https://www.ecodesignkit.de/praxis/c2-illustrative-praxisbeispiele/c27-kreislauffaehig/funktionsfaehiges-ruecknahmesystem-fuer-alttextilien/>, zuletzt aktualisiert am 11.04.2022, zuletzt geprüft am 11.04.2022.

Korolkow, Julia (2015): Studie - Konsum, Bedarf und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. im Auftrag des bvse- Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. Unter Mitarbeit von T. Pretz und K. Raulf. Hg. v. bvse- Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. RWTH- Aachen, zuletzt geprüft am 26.01.2022.

Kranert, Martin (Hg.) (2017): Einführung in die Kreislaufwirtschaft. Planung -- Recht -- Verfahren. 5. Aufl. 2017. Wiesbaden: Springer Vieweg (Springer eBook Collection), zuletzt geprüft am 18.05.2022.

Kraus, Sebastian (2022): Schimmel von Kleidung entfernen. Hg. v. Schimmel-entfernen-hilfe.de. Online verfügbar unter <https://www.schimmel-entfernen-hilfe.de/schimmel-von-kleidung-entfernen/>, zuletzt geprüft am 25.10.2022.

Landes, Sarina (2021): Mending of tears in fabric. 15 best methods including invisible mending. Hg. v. sewguide.com. Online verfügbar unter <https://sewguide.com/clothing-repair-mending-tears/>, zuletzt geprüft am 07.06.2022.

Mauter, Sabrina (2023): Recyclingbasierte Produktaspekte im Kontext der Ökodesign-Anforderungen für Textilprodukte. Forschungsarbeit. Hochschule Niederrhein University of Applied Sciences, Mönchengladbach. Center Textillogistik, zuletzt geprüft am 25.04.2023.

Mauter, Sabrina (2022): An investigation to determine material flows from post-consumer used textiles with special regard to fabric blends in order to promote fibre-specific recycling in a circular economy. Bachelorarbeit. Hochschule Niederrhein University of Applied Sciences, Mönchengladbach. Center Textillogistik, zuletzt geprüft am 19.05.2022.

Metzner, Denise (2022): 9 unterschiedliche Schimmelentferner im Vergleich – finden Sie Ihr bestes Mittel zur Entfernung von Schimmel – unser Test bzw. Ratgeber 2022. Hg. v. stern.de. Online verfügbar unter <https://www.stern.de/vergleich/schimmelentferner/>, zuletzt geprüft am 25.10.2022.

Meyer, Britta (2022): Chlorflecken überfärben – so gelingt es. Hg. v. Hausjournal.net. Online verfügbar unter <https://www.hausjournal.net/chlorflecken-ueberfaerben>, zuletzt geprüft am 25.10.2022.

Muthu, Subramanian Senthilkannan (Hg.) (2017): Textiles and Clothing Sustainability. Recycled and Upcycled Textiles and Fashion. Singapore, s.l.: Springer Singapore (Textile Science and Clothing Technology), zuletzt geprüft am 24.04.2020.

Neumüller, Kerstin (2019): Mend and Patch. A Handbook to Repairing Clothes and Textiles. Minneapolis: Pavilion Books. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6849916>.

Niinimäki, Kirsi; Karell, Essi (2020): Closing the Loop: Intentional Fashion Design Defined by Recycling Technologies. In: Gianpaolo Vignali (Hg.): Technology-Driven Sustainability. Innovation in the Fashion Supply Chain. Unter Mitarbeit von Louise F. Reid, Daniella Ryding und Claudia E. Henninger. Cham: Springer International Publishing AG, S. 7–25, zuletzt geprüft am 03.05.2022.

Niinimäki, Kirsi; Peters, Greg; Dahlbo, Helena; Perry, Patsy; Rissanen, Timo; Gwilt, Alison (2020): Author Correction: The environmental price of fast fashion. In: *Nat Rev Earth Environ* 1 (5), S. 278. DOI: 10.1038/s43017-020-0054-x.

Notten, Philippa; Kenya, Nairobi (2020): Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain. Global Stocktaking. Hg. v. United Nations Environment Programme, zuletzt geprüft am 11.05.2022.

ÖkoMedia Public Relations (2001): Lebenslauf von Textilien. Von der Faser zum Recycling. 1. Aufl. Eschborn: Gesamttextil, zuletzt geprüft am 26.01.2022.

Payne, A. (2015): Open- and closed-loop recycling of textile and apparel products. In: Subramanian Senthilkannan Muthu (Hg.): Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of textiles and clothing: The Textile Institute; WP Woodhead Publishing; Elsevier (Woodhead publishing series in textiles, Number 171), S. 103–123, zuletzt geprüft am 25.01.2022.

Perg, Anna-Luisa (2021): So belebst du die Farben in deiner Garderobe. Hg. v. Cleanipedia.com. Online verfügbar unter <https://www.cleanipedia.com/de/kleiderpflege/verblasste-textilien-wieder-neu-farben.html>, zuletzt geprüft am 25.10.2022.

Puchta, Rolf; Grünwälder, Werner (1973): Textilpflege. Waschen und Chemischreinigen. Berlin: Schiele und Schön (Modernes Fachwissen Textil und Bekleidung).

PYUA Protection GmbH: Mehr als bloß Abfall? Unternehmenswebsite. Online verfügbar unter <https://pyua.de/pages/circularity>, zuletzt geprüft am 11.04.2022.

Rebernig, Eva (2018): Druckknöpfe setzen mit der Prym Vario Zange kann ganz einfach sein. Online verfügbar unter <https://www.paspeltheater.at/druckknoepfe-setzen-mit-der- Prym-vario-zange/>, zuletzt aktualisiert am 28.09.2018, zuletzt geprüft am 06.07.2022.

Ribul, Miriam; Lanot, Alexandra; Tommencioni Pisapia, Chiara; Purnell, Phil; McQueen-Mason, Simon J.; Baurley, Sharon (2021): Mechanical, chemical, biological: Moving towards closed-loop bio-based recycling in a circular economy of sustainable textiles. In: *Journal of Cleaner Production* 326, S. 129325. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129325.

Schneiderei-Bedarf Kreitz (2015): Druckknöpfe anbringen. Hg. v. schneiderei-bedarf.de. Online verfügbar unter <https://www.schneiderei-bedarf.de/Naehkaestchen/Druckknoepfe-anbringen>, zuletzt aktualisiert am 29.06.2022.

schneiderei-bedarf.de (2015): Hosenhaken anbringen. Hg. v. Schneiderei-Bedarf Kreitz. Online verfügbar unter <https://www.schneiderei-bedarf.de/Naehkaestchen/Hosenhaken-anbringen>, zuletzt geprüft am 06.07.2022.

Statista (2022a): Bekleidung - Deutschland | Statista Marktprognose. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/outlook/cmo/bekleidung/deutschland#umsatz>, zuletzt aktualisiert am 05.01.2023, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Statista (2022b): Textilindustrie: Umsatz bis 2021 | Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/209617/umfrage/umsatz-der-deutschen-textilindustrie/>, zuletzt aktualisiert am 05.01.2023, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Statista Research Department (2022): Textil- und Bekleidungsindustrie: Situation in Deutschland. In: *Statista*, 2022. Online verfügbar unter https://de.statista.com/themen/1378/textil-und-bekleidungsindustrie-in-deutschland/#topicHeader__wrapper, zuletzt geprüft am 05.01.2023.

Stöcks, Harald (1999): Detachur - Aus der Praxis für die Praxis. Hg. v. Gesamtverband Neuzeitlicher Textilpflege-Betriebe Deutschlands e. V.

stoffe.de (2022a): Hirschhornknopf. Hg. v. fabfab GmbH. Online verfügbar unter https://www.stoffe.de/24-25256-22_hirschhornknopf-hemmern.html, zuletzt geprüft am 06.07.2022.

stoffe.de (2022b): Holzknopf. Hg. v. fabfab GmbH. Online verfügbar unter https://www.stoffe.de/24-42134-16_holzknopf-verne.html, zuletzt geprüft am 06.07.2022.

stoffe.de (2022c): Kunststoffknopf. Hg. v. fabfab GmbH. Online verfügbar unter https://www.stoffe.de/24-13003-20_kunststoffknopf-spenge-20.html, zuletzt geprüft am 06.07.2022.

stoffe.de (2022d): Perlmutterknopf. Hg. v. fabfab GmbH. Online verfügbar unter https://www.stoffe.de/24-37604-12_perlmutterknopf-agoya-3.html, zuletzt geprüft am 06.07.2022.

Textile Exchange (2021): Preferred Fiber & Materials. Market Report 2021, zuletzt geprüft am 02.02.2022.

Textilwirtschaft (2021): In Partnerschaft mit ReCircled: Timberland startet globales Rücknahmeprogramm. Hg. v. Textilwirtschaft, zuletzt geprüft am 13.04.2022.

The North Face (o.J.): Clothes the Loop. Online verfügbar unter <https://www.thenorthface.de/innovation/sustainability/product/clothes-the-loop.html>, zuletzt aktualisiert am 13.04.2022, zuletzt geprüft am 13.04.2022.

Umweltbundesamt (UBA) (2023): Trends der Lufttemperatur. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA), zuletzt geprüft am 23.04.2023.

United Nations (o.J.): THE 17 GOALS | Sustainable Development. Department of Economic and Social Affairs. Online verfügbar unter <https://sdgs.un.org/goals>, zuletzt aktualisiert am 19.05.2022, zuletzt geprüft am 19.05.2022.

Vaude (2022): Wie repariere ich eine gebrochene Schnalle an meinem Rucksack? (Schnallenarten und ihre Anwendungsbereiche) Wie repariere ich eine gebrochene Schnalle an meinem Rucksack? (Schnallenarten und ihre Anwendungsbereiche). Hg. v. Vaude. Online verfügbar unter <https://help.vaude.com/wie-repariere-ich-eine-gebrochene-schnalle/>, zuletzt geprüft am 25.10.2022.

10 Anhang

10.1 Interviewleitfäden

10.1.1 Textil-und Bekleidungshersteller und Retailer

1 Allgemeine Einführung

1.1 Kurzportrait des Interviewpartners

- Name
- Position
- Bisheriger Werdegang
- Tätigkeits-/ Verantwortungsbereich

1.2 Kurzportrait des Unternehmens

- Branche/ Tätigkeitsfeld
- Unternehmensgröße (Umsatz/ Mitarbeiterzahl)
- Unternehmensgründung
- Produktionsstandorte
- Vertriebsnetz (online/ offline, national/ international)
- Zielgruppe
- Sonstiges

1.3 Vorstellung des Projekts

Das Projekt „RE³Tex“ fördert die Kreislaufwirtschaft textiler Produkte, beispielhaft im Bereich der Outdoor-Bekleidung. Hierzu stehen die Vorhaben Repair, Reuse und Recycle (RE³) im Vordergrund. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden in Form eines multimedialen Handbuchs und Leitfadens die modularen Strukturen der jeweiligen Recycling- und Aufbereitungsmöglichkeiten aufgezeigt, um zu einer Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit der Produkte beizutragen. So werden Anforderungen bei der Produktentwicklung untersucht, um die Reparatur- und Recyclingfähigkeit zu erhöhen, sowie diverse Reparatur- und Recyclingmöglichkeiten aufgezeigt. Die Besonderheit der Projektidee liegt in der exemplarischen Umsetzung eines Rücknahmesystems für Reparatur- und Aufbereitungsarbeiten und für das Recycling von Outdoor-Bekleidung. Im Rahmen des Projekts werden darauf aufbauend fundierte Handlungsempfehlungen zur Integration einer nachhaltigen Kreislaufführung innerhalb der Textil- und Bekleidungsindustrie erstellt.

2 Nachhaltigkeit

- 2.1 Welchen Stellenwert hat das Thema Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen und warum? (Skala von 1 (niedrig) bis 10 (hoch) + Begründung)
- 2.2 Welche Dimensionen der Nachhaltigkeit stehen bei Ihren Geschäftsprozessen im Vordergrund (Ökologie, Wirtschaft, Soziales)?
- 2.3 Gibt es in Ihrem Unternehmen konkrete/ messbare Zielsetzungen in Bezug auf die Nachhaltigkeit? Wenn ja, welche?
- 2.4 Welche Maßnahmen wurden bisher ergriffen, um die Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen zu stärken?
- 2.5 Sind weitere Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit geplant?
 - 2.5.1 Wenn ja, welche?
 - 2.5.2 Falls nicht, welche Hemmnisse verhindern dies?
- 2.6 Nutzen Sie in Ihrem Unternehmen Nachhaltigkeitssiegel?
 - 2.6.1 Wenn ja, welche?
 - 2.6.2 Falls nicht, warum haben Sie sich dagegen entschieden?

3 Textile Kreislaufwirtschaft/ Zirkuläres Wirtschaften

- 3.1 Bestehen in Ihrem Unternehmen Ansätze zum zirkulären Wirtschaften? Wenn ja, in welchen der folgenden Schritte der textilen Kette:
 - Rohstoffgewinnung
 - Design, Produktentwicklung
 - Produktion
 - Vertrieb
 - Nutzung, Reparatur, Entsorgung
 - Recycling

- 3.2 Gibt es Ansätze im Rahmen eines offenen oder geschlossenen Kreislaufmodells?
- 3.3 Wo liegen aktuell Probleme und Hemmnisse, wenn es um zirkuläre Mode bzw. die Recyclingfähigkeit von Kleidung geht?
- 3.4 Wo liegen die größten Herausforderungen für Fashionunternehmen, die ein zirkuläres Modell aufbauen und ins operative Geschäft überführen möchten?

4 Textile Verwertung/ Textilrecycling

- 4.1 Welche Rolle spielt das Textilrecycling für Ihr Unternehmen?
 - 4.1.1 Nutzen Sie Rezyklate?
 - 4.1.2 Welche Rezyklate werden bisher eingesetzt und in welchem Umfang?
- 4.2 Wurden, speziell in Bezug auf die textile Kreislaufführung, Zielsetzungen in Ihrem Unternehmen festgelegt?
- 4.3 In wie fern spielt der Faktor der Recyclingfähigkeit eine Rolle bei der Produktentwicklung in Ihrem Unternehmen?
 - 4.3.1 Welche Einflussfaktoren werden hierbei berücksichtigt?
 - 4.3.2 Welche Maßnahmen werden zur Erhöhung der Recyclingfähigkeit der Produkte ergriffen?
- 4.4 Besteht ein Rücknahmesystem für getragene Kleidung im Sinne eines geschlossenen Kreislaufmodells?
 - 4.4.1 Wenn ja, organisieren Sie dieses System selbst oder arbeiten Sie mit einem Dienstleister zusammen (Sammler, Sortierer, Verwerter)?
 - 4.4.2 Wenn ja, wie ist Ihr Rücknahmesystem aufgebaut (online/ in-store)?
 - 4.4.3 Wenn ja, nehmen Sie ausschließlich markeneigene Produkte zurück oder können auch andere Alttextilien abgegeben werden? Bitte begründen.
 - 4.4.4 Wenn ja, welche Alttextilmengen konnten Sie bisher erfassen?

4.4.5 Wenn ja, verfolgen Sie den Ansatz einer Belohnungsstrategie (z. B. Ausgabe eines Gutscheins im Gegenzug zur Abgabe von Alttextilien)?

4.4.6 Wenn nein, was hält Sie bisher davon ab?

5 Textile Aufbereitung/ Reparatur

5.1 Welche Rolle spielt die textile Aufbereitung/ Reparatur in Ihrem Unternehmen und warum?

5.2 In welchen Bereichen Ihres Unternehmens werden Aufbereitungs- und Reparaturarbeiten bereits genutzt (z. B. B2B -> Wareneingang; B2C -> Verlängerung der Nutzungsdauer)?

5.3 Bieten Sie Ihren Kunden als Serviceleistung textile Aufbereitungs- bzw. Reparaturarbeiten an?

5.3.1 Wenn ja, welche Methoden der textilen Aufbereitung/ Reparatur bieten Sie an?

5.3.2 Wenn ja, führen Sie diese selbst durch oder arbeiten Sie mit einem Dienstleistungsunternehmen zusammen?

5.3.3 Wenn ja, handelt es sich um eine kostenfreie oder kostenpflichtige Serviceleistung? Welche Kosten entstehen für Ihre Kundschaft (z. B. Versand, Kosten der Aufbereitung,...)

5.3.4 Wenn nicht, welche Beweggründe bestehen, dass Sie dieses Serviceangebot nicht etablieren?

5.4 Welche Rolle spielt die Reparaturfähigkeit während der Produktentwicklung?

5.4.1 Welche Einflussfaktoren werden hierbei berücksichtigt?

5.4.2 Welche Maßnahmen werden zur Erhöhung der Reparaturfähigkeit ergriffen?

5.5 Haben Sie Kenntnis über die Beschädigungen und Mängel Ihrer Produkte während der Nutzungsdauer?

5.5.1 Wenn ja, welche Mängel treten am häufigsten aus?

5.5.2 Ergreifen Sie Maßnahmen in der Produktentwicklung, um die identifizierten Mängel zukünftig zu beheben?

6 Datenbasierte Informationssysteme

6.1 Nutzen Sie datenbasierte Schnittstellen (z. B. NFC-/ RFID- Tags, QR-Codes, etc.)?

6.1.1 Wenn ja, für wen ist die Nutzung der dort hinterlegten Informationen gedacht?

6.1.2 Wenn ja, welche Informationen sind auf dem Tag hinterlegt? Bitte begründen.

6.1.3 Falls nicht, was hält Sie von der Nutzung dieser Systeme ab?

6.2 Welche Beweggründe bestehen für Sie oder könnten für Sie bestehen eine solche Informationsplattform zu nutzen?

7 Optimierungspotenzial

7.1 Wo bestehen aus Ihrer Sicht die größten Handlungsfelder, um eine geschlossene Kreislaufführung von Textilien zu realisieren?

7.2 Welche Rahmenbedingungen würden die textile Kreislaufführung vereinfachen?

7.3 Wie müsste eine optimale Kooperation entlang der textilen Wertschöpfungskette aussehen?

1 Allgemeine Einführung

1.1 Kurzportrait des Interviewpartners

- Name
- Position
- Bisheriger Werdegang
- Tätigkeits-/ Verantwortungsbereich

1.2 Kurzportrait des Unternehmens

- Branche/ Tätigkeitsfeld
- Unternehmensgröße (Umsatz/ Mitarbeiterzahl)
- Unternehmensgründung
- Standorte
- Vertriebsnetz (online/ offline, national/ international)
- Zielgruppe
- Sonstiges

1.3 Vorstellung des Projekts

Das Projekt „RE3Tex“ fördert die Kreislaufwirtschaft textiler Produkte, beispielhaft im Bereich der Outdoor-Bekleidung. Hierzu stehen die Vorhaben Repair, Reuse und Recycle (RE³) im Vordergrund. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden in Form eines multimedialen Handbuchs und Leitfadens die modularen Strukturen der jeweiligen Recycling- und Aufbereitungsmöglichkeiten aufgezeigt, um zu einer Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit der Produkte beizutragen. So werden Anforderungen bei der Produktentwicklung untersucht, um die Reparatur- und Recyclingfähigkeit zu erhöhen, sowie diverse Reparatur- und Recyclingmöglichkeiten aufgezeigt. Die Besonderheit der Projektidee liegt in der exemplarischen Umsetzung eines Rücknahmesystems für Reparatur- und Aufbereitungsarbeiten und für das Recycling von Outdoor-Bekleidung. Im Rahmen des Projekts werden darauf aufbauend fundierte Handlungsempfehlungen zur Integration einer nachhaltigen Kreislaufführung innerhalb der Textil- und Bekleidungsindustrie erstellt.

2 Nachhaltigkeit

- 2.1 Welchen Stellenwert hat das Thema Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen und warum? (Skala von 1 (niedrig) bis 10 (hoch) + Begründung)
- 2.2 Welche Dimensionen der Nachhaltigkeit stehen bei Ihren Geschäftsprozessen im Vordergrund (Ökologie, Wirtschaft, Soziales)?
- 2.3 Gibt es in Ihrem Unternehmen konkrete/ messbare Zielsetzungen in Bezug auf die Nachhaltigkeit? Wenn ja, welche?
- 2.4 Welche Maßnahmen wurden bisher ergriffen, um die Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen zu stärken?
- 2.5 Sind weitere Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit geplant?
 - 2.5.1 Wenn ja, welche?
 - 2.5.2 Falls nicht, welche Hemmnisse verhindern dies?
- 2.6 Nutzen Sie in Ihrem Unternehmen Nachhaltigkeitssiegel?
 - 2.6.1 Wenn ja, welche?
 - 2.6.2 Falls nicht, warum haben Sie sich dagegen entschieden?

3 Textile Aufbereitung

- 3.1 Wie viel Material verarbeiten Sie in Ihrem Unternehmen? (Menge/ Zeiteinheit)
 - 3.1.1 Welche Produktkategorien verarbeiten Sie und in welchem Verhältnis?
- 3.2 Welche textilen Aufbereitungsverfahren werden in Ihrem Unternehmen durchgeführt?
- 3.3 Zu welchen Anteilen werden die Verfahren in Ihrem Unternehmen durchgeführt?

- 3.4 Arbeiten Sie für gezielte Aufbereitungsverfahren mit externen Unternehmen zusammen?
- 3.4.1 Wenn ja, in welchen Bereichen?
- 3.4.2 Wie sieht die Kostenstruktur einer Kooperation mit Dritten aus?
- 3.4.3 Wenn nein, was sind die Gründe dafür?
- 3.5 Für welche Zielgruppe bereiten Sie Textilien auf? (B2B/ B2C) Bitte begründen Sie Ihre Antwort.
- 3.6 Könnten Sie sich vorstellen, als (weiteren) Service die textile Aufbereitung von bereits getragener Kleidung aus dem Einzelhandel anzubieten und begründen Sie Ihre Antwort?
- 3.6.1 Falls ja, welche Mengen müssten generiert werden, damit der Service für Sie wirtschaftlich wäre?
- 3.6.2 Falls nein, was hält Sie davon ab?
- 3.6.3 Wie müsste die logistische Abwicklung für so einen Service organisiert sein, damit das Geschäft für Sie lohnenswert ist?
- 3.7 Welche Einflussfaktoren spielen im Hinblick auf die Reparaturfähigkeit für Ihre Aufbereitungs- und Reparaturverfahren eine Rolle?
- 3.7.1 Welche Faktoren erleichtern die Aufbereitung/ Reparatur?
- 3.7.2 Welche Faktoren erschweren oder verhindern die textile Aufbereitung/ Reparatur?
- 3.8 Welche Kosten und Erlöse entstehen in Ihrem Unternehmen?
- 3.8.1 Unter welchen Rahmenbedingungen können Sie wirtschaftlich arbeiten?
- 3.8.2 Wie hoch sind die Selbstkosten Ihrer Aufbereitungs- und Reparaturverfahren?
- 3.8.3 Für welche Fraktionen erwirtschaften Sie welche Gewinne/ Verluste?

4 Datenbasierte Informationssysteme

- 4.1 Nutzen Sie datenbasierte Schnittstellen (z. B. NFC-/ RFID- Tags, QR-Codes, etc.)?
 - 4.1.1 Wenn ja, für wen ist die Nutzung der dort hinterlegten Informationen gedacht?
 - 4.1.2 Wenn ja, welche Informationen sind auf dem Tag hinterlegt? Bitte begründen.
 - 4.1.3 Falls nicht, was hält Sie von der Nutzung dieser Systeme ab?
- 4.2 Welche Beweggründe bestehen für Sie oder könnten für Sie bestehen eine solche Informationsplattform zu nutzen?

5 Optimierungspotenzial

- 5.1 Wo bestehen aus Ihrer Sicht die größten Handlungsfelder, um eine geschlossene Kreislaufführung von Textilien zu realisieren?
- 5.2 Welche Rahmenbedingungen würden die textile Aufbereitung und Reparatur vereinfachen?
- 5.3 Wie müsste eine optimale Kooperation entlang der textilen Wertschöpfungskette aussehen?

10.1.3 Textile Verwerter

1 Allgemeine Einführung

1.1 Kurzportrait des Interviewpartners

- Name
- Position
- Bisheriger Werdegang
- Tätigkeits-/ Verantwortungsbereich

1.2 Kurzportrait des Unternehmens

- Branche/ Tätigkeitsfeld
- Unternehmensgröße (Umsatz/ Mitarbeiterzahl)
- Unternehmensgründung
- Standorte
- Vertriebsnetz (online/ offline, national/ international)
- Zielgruppe
- Sonstiges

1.3 Vorstellung des Projekts

Das Projekt „RE³Tex“ fördert die Kreislaufwirtschaft textiler Produkte, beispielhaft im Bereich der Outdoor-Bekleidung. Hierzu stehen die Vorhaben Repair, Reuse und Recycle (RE³) im Vordergrund. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden in Form eines multimedialen Handbuchs und Leitfadens die modularen Strukturen der jeweiligen Recycling- und Aufbereitungsmöglichkeiten aufgezeigt, um zu einer Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit der Produkte beizutragen. So werden Anforderungen bei der Produktentwicklung untersucht, um die Reparatur- und Recyclingfähigkeit zu erhöhen, sowie diverse Reparatur- und Recyclingmöglichkeiten aufgezeigt. Die Besonderheit der Projektidee liegt in der exemplarischen Umsetzung eines Rücknahmesystems für Reparatur- und Aufbereitungsarbeiten und für das Recycling von Outdoor-Bekleidung. Im Rahmen des Projekts werden darauf aufbauend fundierte Handlungsempfehlungen zur Integration einer nachhaltigen Kreislaufführung innerhalb der Textil- und Bekleidungsindustrie erstellt.

2 Nachhaltigkeit

- 2.1 Welchen Stellenwert hat das Thema Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen und warum? (Skala von 1 (niedrig) bis 10 (hoch) + Begründung)
- 2.2 Welche Dimensionen der Nachhaltigkeit stehen bei Ihren Geschäftsprozessen im Vordergrund (Ökologie, Wirtschaft, Soziales)?
- 2.3 Gibt es in Ihrem Unternehmen konkrete/ messbare Zielsetzungen in Bezug auf die Nachhaltigkeit? Wenn ja, welche?
- 2.4 Welche Maßnahmen wurden bisher ergriffen, um die Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen zu stärken?
- 2.5 Sind weitere Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit geplant?
 - 2.5.1 Wenn ja, welche?
 - 2.5.2 Falls nicht, welche Hemmnisse verhindern dies?
- 2.6 Nutzen Sie in Ihrem Unternehmen Nachhaltigkeitssiegel?
 - 2.6.1 Wenn ja, welche?
 - 2.6.2 Falls nicht, warum haben Sie sich dagegen entschieden?

3 Sammlung und Sortierung

- 3.1 Wie viel Material verarbeiten Sie in Ihrem Unternehmen? (Menge/ Zeiteinheit)
- 3.2 Woher beziehen Sie diese Materialien?
 - 3.2.1 Welche Sammelsysteme nutzen Sie und zu welchen Anteilen?
 - 3.2.2 Arbeiten Sie mit externen Sammlern und Sortierern zusammen?
 - 3.2.3 Welche Kosten entstehen hierbei wofür?
- 3.3 Wie viele und welche Kategorien berücksichtigen bei der Sortierung?

- 3.4 Wer sind Ihre Abnehmer und welche Preise können Sie für welche Kategorien erwirtschaften?
- 3.5 Wie sieht die mengenmäßige Verteilung der verschiedenen Kategorien aus?
- 3.6 Bestehen Sortierfraktionen/ Kategorien, welche auf die verschiedenen Faserarten der Textilien ausgerichtet sind?
 - 3.6.1 Wie wird in diesem Zusammenhang die Materialzusammensetzung identifiziert?
 - 3.6.2 Für welche Abnehmer sortieren Sie nach Materialzusammensetzung?

4 Textile Verwertung/ Textilrecycling

- 4.1 Welche Verwertungsverfahren werden in Ihrem Unternehmen durchgeführt?
- 4.2 Zu welchen Anteilen werden die Verwertungsverfahren in Ihrem Unternehmen durchgeführt?
- 4.3 Arbeiten Sie für gezielte Verwertungsverfahren mit externen Unternehmen zusammen?
 - 4.3.1 Wenn ja, in welchen Bereichen?
 - 4.3.2 Wie sieht die Kostenstruktur einer Kooperation mit Dritten aus?
- 4.4 Welche Einflussfaktoren spielen im Hinblick auf die Recyclingfähigkeit für Ihre Verwertungsverfahren eine Rolle?
 - 4.4.1 Welche Faktoren erleichtern die Verwertung?
 - 4.4.2 Welche Faktoren erschweren oder verhindern die textile Verwertung?
- 4.5 Welche Kosten und Erlöse entstehen in Ihrem Unternehmen?
 - 4.5.1 Unter welchen Rahmenbedingungen können Sie wirtschaftlich arbeiten?
 - 4.5.2 Wie hoch sind die Selbstkosten Ihrer Verwertungsverfahren?

4.5.3 Für welche Fraktionen erwirtschaften Sie welche Gewinne/ Verluste?

5 Datenbasierte Informationssysteme

- 5.1 Nutzen Sie datenbasierte Schnittstellen (z. B. NFC-/ RFID- Tags, QR-Codes, etc.)?
 - 5.1.1 Wenn ja, für wen ist die Nutzung der dort hinterlegten Informationen gedacht?
 - 5.1.2 Wenn ja, welche Informationen sind auf dem Tag hinterlegt? Bitte begründen.
 - 5.1.3 Falls nicht, was hält Sie von der Nutzung dieser Systeme ab?
- 5.2 Welche Beweggründe bestehen für Sie oder könnten für Sie bestehen eine solche Informationsplattform zu nutzen?

6 Optimierungspotenzial

- 6.1 Wo bestehen aus Ihrer Sicht die größten Handlungsfelder, um eine geschlossene Kreislaufführung von Textilien zu realisieren?
- 6.2 Welche Rahmenbedingungen würden die Sammlung, Sortierung und Verwertung vereinfachen?
- 6.3 Wie müsste eine optimale Kooperation entlang der textilen Wertschöpfungskette aussehen?

10.1.4 Verbände der Textil- und Bekleidungsindustrie

1 Allgemeine Einführung

1.1 Kurzportrait des Interviewpartners

- Name
- Position
- Bisheriger Werdegang
- Tätigkeits-/ Verantwortungsbereich

1.2 Kurzportrait der Organisation

- Branche/ Tätigkeitsfeld
- Organisationsgröße (Umsatz/ Mitarbeiterzahl)
- Organisationsgründung
- Standorte
- Zielgruppe
- Sonstiges

1.3 Vorstellung des Projekts

Das Projekt „RE³Tex“ fördert die Kreislaufwirtschaft textiler Produkte, beispielhaft im Bereich der Outdoor-Bekleidung. Hierzu stehen die Vorhaben Repair, Reuse und Recycle (RE³) im Vordergrund. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden in Form eines multimedialen Handbuchs und Leitfadens die modularen Strukturen der jeweiligen Recycling- und Aufbereitungsmöglichkeiten aufgezeigt, um zu einer Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit der Produkte beizutragen. So werden Anforderungen bei der Produktentwicklung untersucht, um die Reparatur- und Recyclingfähigkeit zu erhöhen, sowie diverse Reparatur- und Recyclingmöglichkeiten aufgezeigt. Die Besonderheit der Projektidee liegt in der exemplarischen Umsetzung eines Rücknahmesystems für Reparatur- und Aufbereitungsarbeiten und für das Recycling von Outdoor-Bekleidung. Im Rahmen des Projekts werden darauf aufbauend fundierte Handlungsempfehlungen zur Integration einer nachhaltigen Kreislaufführung innerhalb der Textil- und Bekleidungsindustrie erstellt.

10.1.5 Unternehmen aus den Bereichen Datenaustauschkonzepte, Informationsplattformen und Informationstechnologie

1 Allgemeine Einführung

1.1 Kurzportrait des Interviewpartners

- Name
- Position
- Bisheriger Werdegang
- Tätigkeits-/ Verantwortungsbereich

1.2 Kurzportrait des Unternehmens

- Branche/ Tätigkeitsfeld
- Unternehmensgröße (Umsatz/ Mitarbeiterzahl)
- Unternehmensgründung
- Standorte
- Vertriebsnetz (online/ offline, national/ international)
- Zielgruppe
- Sonstiges

1.3 Vorstellung des Projekts

Das Projekt „RE3Tex“ fördert die Kreislaufwirtschaft textiler Produkte, beispielhaft im Bereich der Outdoor-Bekleidung. Hierzu stehen die Vorhaben Repair, Reuse und Recycle (RE³) im Vordergrund. Im Rahmen des Forschungsprojekts werden in Form eines multimedialen Handbuchs und Leitfadens die modularen Strukturen der jeweiligen Recycling- und Aufbereitungsmöglichkeiten aufgezeigt, um zu einer Erhöhung der Reparatur- und Recyclingfähigkeit der Produkte beizutragen. So werden Anforderungen bei der Produktentwicklung untersucht, um die Reparatur- und Recyclingfähigkeit zu erhöhen, sowie diverse Reparatur- und Recyclingmöglichkeiten aufgezeigt. Die Besonderheit der Projektidee liegt in der exemplarischen Umsetzung eines Rücknahmesystems für Reparatur- und Aufbereitungsarbeiten und für das Recycling von Outdoor-Bekleidung. Im Rahmen des Projekts werden darauf aufbauend fundierte Handlungsempfehlungen zur Integration einer nachhaltigen Kreislaufführung innerhalb der Textil- und Bekleidungsindustrie erstellt.

2 Nachhaltigkeit

- 2.1 Welchen Stellenwert hat das Thema Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen und warum? (Skala von 1 (niedrig) bis 10 (hoch) + Begründung)
- 2.2 Welche Dimensionen der Nachhaltigkeit stehen bei Ihren Geschäftsprozessen im Vordergrund (Ökologie, Wirtschaft, Soziales)?
- 2.3 Gibt es in Ihrem Unternehmen konkrete/ messbare Zielsetzungen in Bezug auf die Nachhaltigkeit? Wenn ja, welche?
- 2.4 Welche Maßnahmen wurden bisher ergriffen, um die Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen zu stärken?
- 2.5 Sind weitere Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit geplant?
 - 2.5.1 Wenn ja, welche?
 - 2.5.2 Falls nicht, welche Hemmnisse verhindern dies?
- 2.6 Nutzen Sie in Ihrem Unternehmen Nachhaltigkeitssiegel?
 - 2.6.1 Wenn ja, welche?
 - 2.6.2 Falls nicht, warum haben Sie sich dagegen entschieden?

3 Datenbasierte Informationssysteme

- 3.1 Bitte beschreiben Sie Ihr System.
- 3.2 Welche datenbasierten Schnittstellen nutzen Sie (z. B. NFC-/ RFID-Tags, QR-Codes, etc.)?
- 3.3 Welches Ziel verfolgen Sie mit Ihrem System?
 - 3.3.1 Wie werden diese Ziele durch Ihr System erreicht?
 - 3.3.2 Inwiefern kann Ihr System zur Schließung des textilen Kreislaufs beitragen?

3.3.3 Welche technischen Herausforderungen gilt es (zukünftig) zu überwinden?

3.4 Wie grenzt sich Ihr System vom Wettbewerb ab? Was sind die Alleinstellungsmerkmale?

3.5 Für wen ist die Nutzung der dort hinterlegten Informationen gedacht? Wird hier in Bezug auf die Informationsfreigabe differenziert?

3.6 Welche Informationen sind auf dem Tag hinterlegt? Bitte begründen.

3.6.1 Welche Schritte entlang der textilen Wertschöpfungskette werden hierbei berücksichtigt?

3.6.2 Welche Rolle spielt das Textilrecycling und die textile Ausbereitung bisher? Welche Faktoren berücksichtigen Sie in diesem Zusammenhang?

3.7 Mit welchen Stakeholdern der Textil- und Bekleidungsindustrie kooperieren Sie?

3.8 Wie sind diese Kooperationen aufgebaut?

3.9 Welche Kosten und Erlöse entstehen in Ihrem Unternehmen?

3.9.1 Unter welchen Rahmenbedingungen können Sie wirtschaftlich arbeiten?

3.9.2 Wie ist die Kostenstruktur Ihres Systems aufgebaut?

3.9.3 Für welche Bereiche erwirtschaften Sie welche Gewinne/ Verluste?

4 Optimierungspotenzial

4.1 Wo bestehen aus Ihrer Sicht die größten Handlungsfelder, um eine geschlossene Kreislaufführung von Textilien zu realisieren?

4.2 Welche Rahmenbedingungen würden die textile Kreislaufführung vereinfachen?

4.3 Wie müsste eine optimale Kooperation entlang der textilen Wertschöpfungskette aussehen?

10.2 Verbraucher:innen-Fragebogen

1. Welche Art von Bekleidung bevorzugen Sie?

- Damenoberbekleidung
- Herrenkleidung
- geschlechtsneutrale Kleidung
- keine Angabe

2. Bitte wählen Sie Ihr Alter aus:

- 18 bis 25 Jahre
- 26 bis 35 Jahre
- 36 bis 45 Jahre
- 46 bis 55 Jahre
- 56 bis 65 Jahre
- 65 Jahre und aufwärts
- keine Angabe

3. Bitte geben Sie die Kategorie Ihrer Beschäftigung an:

Mehrfachantworten möglich

- Schüler*in / Student*in
- Angestellte*r
- Selbstständige*r
- Sonstiges:
- keine Angabe

4. Wie viel Geld geben Sie durchschnittlich pro Monat für neue Bekleidung* aus und wie viel Teilen entspricht dies durchschnittlich?

*ausgenommen: Unterwäsche, Strümpfe und Accessoires

- Bis 20 € -> durchschnittliche Anzahl der Teile pro Monat:
- 20-50 € -> durchschnittliche Anzahl der Teile pro Monat:
- 50-100 € -> durchschnittliche Anzahl der Teile pro Monat:
- Über 100 € -> durchschnittliche Anzahl der Teile pro Monat:

5. Welche der folgenden Aspekte berücksichtigen Sie beim Kauf von neuer Bekleidung mit welcher Gewichtung?

(1 = niedrig, 10 = hoch)

1

10



Preis	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Style	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
aktueller Modegrad	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Nachhaltiges Label	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Materialzusammensetzung	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
Prüfsiegel/Zertifizierung vorhanden	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>
zusätzliche Services des Händlers (z. B. Reparatur- oder Abgabeservices)	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>

6. Wie lange tragen Sie im Durchschnitt ein Bekleidungsstück (ausgenommen Unterwäsche und Strümpfe)?

- weniger als 6 Monate
- 7 Monate bis zu einem Jahr
- 1 bis 2 Jahre
- 3 bis 5 Jahre
- 5 bis 10 Jahre
- länger als 10 Jahre

7. Wie lange bleiben Ihre Bekleidungsartikel im Durchschnitt unversehrt?

Unversehrt = kein Pilling, keine Löcher und vollständig funktionsfähig (Reißverschlüsse etc.)

- weniger als 6 Monate
- 7 Monate bis zu einem Jahr
- 1 bis 2 Jahre
- 3 bis 5 Jahre
- 5 bis 10 Jahre
- länger als 10 Jahre

8. Welche der folgenden Mängel treten am häufigsten bei Ihrer Bekleidung auf?

Mehrfachantworten möglich

- defekte Naht
- defekter Reißverschluss
- Löcher
- defekte Beschichtung
- loser Knopf
- fehlerhaftes Gewebe
- Pilling
- Verformung/Verzug
- Sonstiges

9. Wie viele Bekleidungsartikel haben Sie zuhause, die eine textile Aufbereitung/Reparatur benötigen würden?

- keine
- bis zu 2 Stück
- 3 bis 10 Stück
- 11 bis 20 Stück
- mehr als 20 Stück

10. Nehmen Sie selber Reparaturen oder Aufbereitungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit bei beschädigter Bekleidung vor?

- Ja
- Nein

11. Haben Sie schon mal Kleidung aufgrund von Mängeln/Beschädigungen entsorgt?

- Ja, selten
- Ja, häufiger (mehr als 5 Mal)
- Nein, noch nie

12. Wie hoch schätzen Sie allgemein die Notwendigkeit für die textile Aufbereitung und das Recycling von (Outdoor-) Bekleidungsprodukten auf einer Skala von 1 bis 10 ein?

(1 = keine Notwendigkeit, 10 hohe Notwendigkeit)

1

10



Recycling

Textile Reparatur/Aufbereitung

13. Was bedeutet Nachhaltigkeit für Sie? Auf welche Faktoren achten Sie hinsichtlich der Nachhaltigkeit?

(1 = unwichtig, 10 = sehr wichtig)

1

10



Ökologie (z. B. Ressourcenschonung, höhere Energieeffizienz, Verwendung von erneuerbaren Energien)

Soziales (z. B. Armutsbekämpfung, Deckung der Grundbedürfnisse und der Chancengleichheit)

Wirtschaft (z. B. Integration des „fairen Handels“, Wirtschaftssysteme mit dem Fokus eine hohe Lebensqualität für die jetzige und die künftigen Generationen sicherzustellen)

14. Ist Ihnen beim Kauf von neuer Bekleidung wichtig, ob die Marke/der Hersteller nachhaltig ist?

Ja

Nein

15. Anhand welcher Merkmale entscheiden Sie, ob ein Unternehmen für sie nachhaltig ist? (z. B. Zertifikate etc.)

16. Wie entsorgen Sie Ihre Altkleider?

Mehrfachantworten möglich

- Containersammlung
- Straßensammlung (Korbsammlung vor der Haustür)
- Abgabe bei sozialen Einrichtungen
- Abgabe beim Recyclinghof
- In-Store-Abgabe (Abgabe der Altkleider im Geschäft)
- Secondhand-Verkauf
- Weitergabe an Familie und Bekannte
- Restmüll, weil nicht brauchbar

Sonstiges:

17. Haben Sie bereits Rücknahmesysteme von Bekleidungsunternehmen für die Abgabe von Altkleidern im Geschäft oder online (Versand der Altkleider) in Anspruch genommen?

Ja

Nein, aufgrund von:

18. Von welchen Unternehmen haben Sie die Rücknahmesysteme in Anspruch genommen?

19. Welches Rücknahmesystem haben Sie in diesem Fall genutzt?

Mehrfachantworten möglich

- Abgabe im Store (Sammelcontainer oder –behälter)
- Versenden von zu Hause aus

Sonstiges:

20. Was waren in diesem Zusammenhang Ihre Beweggründe anstelle der Nutzung von den konventionellen Systemen (z. B. Containersammlung)?

Mehrfachantworten möglich

- Anreizsysteme (z. B. Gutscheine)
- Praktisch (gute Erreichbarkeit)
- Motivation etwas Gutes zu tun

Sonstiges:

21. Was hat Sie bisher von der Nutzung eines Rücknahmesystems abgehalten?

Mehrfachantworten möglich

- mangelndes Angebot
- zu wenige Informationen über das System
- kein persönlicher Bedarf (keine Bekleidung abzugeben)

Sonstiges:

22. Haben Sie bereits Reparatur- und Aufbereitungsangebote von Bekleidungsunternehmen und/oder Dienstleistern in Anspruch angenommen?

- Ja
- Nein

23. Von welchem Unternehmen haben Sie dieses Angebot in Anspruch genommen?

24. Welche Aufbereitungsverfahren wurden durchgeführt?

Mehrfachantworten möglich

- Fleckenentfernung
- (chemische) Reinigung
- Imprägnierung
- Stopfen/Flicken
- nähtechnische Reparaturen
- Einsetzen von Ersatzteilen (Reißverschlüssen, Knöpfe etc.)
- Lederaufbereitung

Sonstiges:

25. Was hat Sie bisher von der Nutzung von Reparatur- und Aufbereitungsverfahren abgehalten?

Mehrfachantworten möglich

- zu teuer
- zu viel Aufwand
- mangelndes Angebot
- kein persönlicher Bedarf (keine defekte Bekleidung)
- ich bevorzuge den Kauf neuer Artikel statt einer Reparatur

Sonstiges:

26. Welche der folgenden Reparatur- und Aufbereitungsarbeiten haben Sie bereits selbst an Ihren Bekleidungsstücken durchgeführt?

Mehrfachantworten möglich

Fleckenentfernung

Stopfen/Flicken

Lederaufbereitung

(chemische) Reinigung

nähtechnische Reparaturen

Sonstiges:

Imprägnierung

Einsetzen von Ersatzteilen
(Reißverschlüssen, Knöpfe etc.)

Keine

27. Wie würden Sie bei den folgenden Mängeln an Ihrer Bekleidung verfahren?

Mehrfachantworten möglich

defekte Naht

Entsorgung	Selber reparieren/ aufbereiten	Serviceleistung nutzen	Ohne Mängelbeseitigung weiter tragen
------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------------

defekter Reißverschluss

Entsorgung	Selber reparieren/ aufbereiten	Serviceleistung nutzen	Ohne Mängelbeseitigung weiter tragen
------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------------

Löcher

Entsorgung	Selber reparieren/ aufbereiten	Serviceleistung nutzen	Ohne Mängelbeseitigung weiter tragen
------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------------

defekte Beschichtung

Entsorgung	Selber reparieren/ aufbereiten	Serviceleistung nutzen	Ohne Mängelbeseitigung weiter tragen
------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------------

loser Knopf

Entsorgung	Selber reparieren/ aufbereiten	Serviceleistung nutzen	Ohne Mängelbeseitigung weiter tragen
------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------------

fehlerhaftes Gewebe

Entsorgung	Selber reparieren/ aufbereiten	Serviceleistung nutzen	Ohne Mängelbeseitigung weiter tragen
------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------------

Pilling

Entsorgung	Selber reparieren/ aufbereiten	Serviceleistung nutzen	Ohne Mängelbeseitigung weiter tragen
------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------------

Verformung/Verzug

Entsorgung	Selber reparieren/ aufbereiten	Serviceleistung nutzen	Ohne Mängelbeseitigung weiter tragen
------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------------

28. Sind Sie grundsätzlich dazu bereit, für einen Reparatur- und Aufbereitungsservice zu zahlen?

- Ja
- Nein

29. Wie viel darf die Reparatur- bzw. Aufbereitungsleistung Ihres Produkts, gemessen am prozentualen Anteil des ursprünglichen Kaufpreises kosten?

- bis zu 1%
- bis zu 5%
- mehr als 5%

30. Würden Sie grundsätzlich die Möglichkeit der textilen Aufbereitung/Reparatur dem Neukauf von Bekleidung vorziehen?

- Ja, aufgrund von:
- Nein, aufgrund von:
- Vielleicht, aufgrund von:

31. Unter welchen Bedingungen können Sie sich vorstellen Bekleidungsstücke reparieren/aufbereiten zu lassen?

10.3 Ergebnisse der Verbraucher:innenumfrage

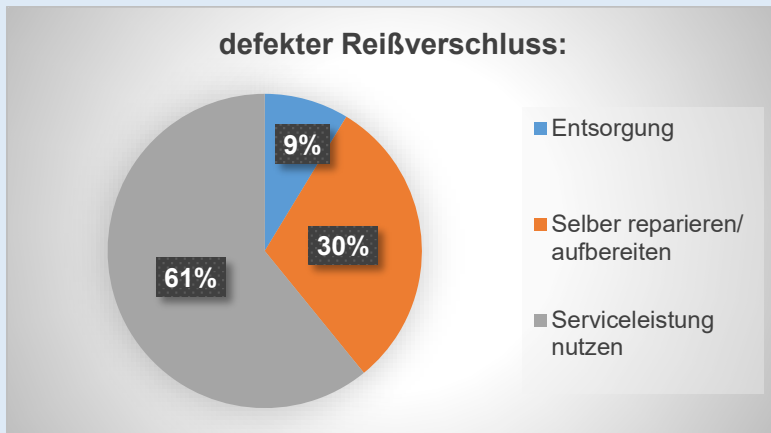


Abbildung 10-1: Verfahren bei einem defekten Reißverschluss¹³⁷

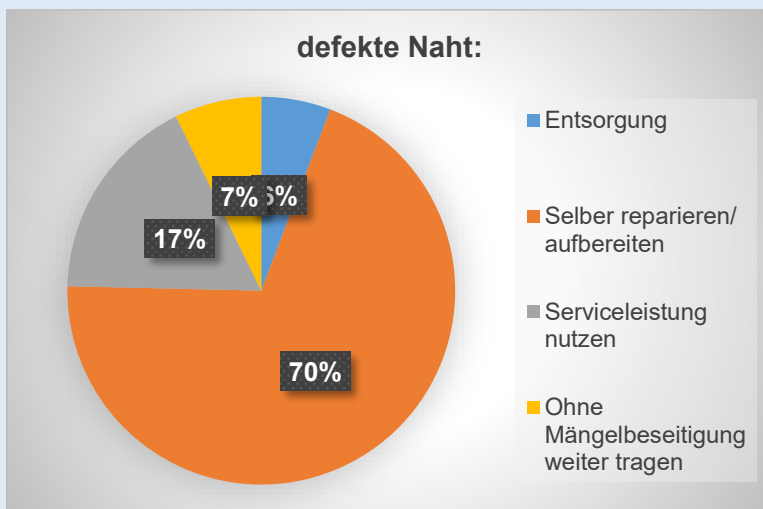


Abbildung 10-2: Verfahren bei einer defekten Naht¹³⁸

¹³⁷ eigene Darstellung

¹³⁸ eigene Darstellung

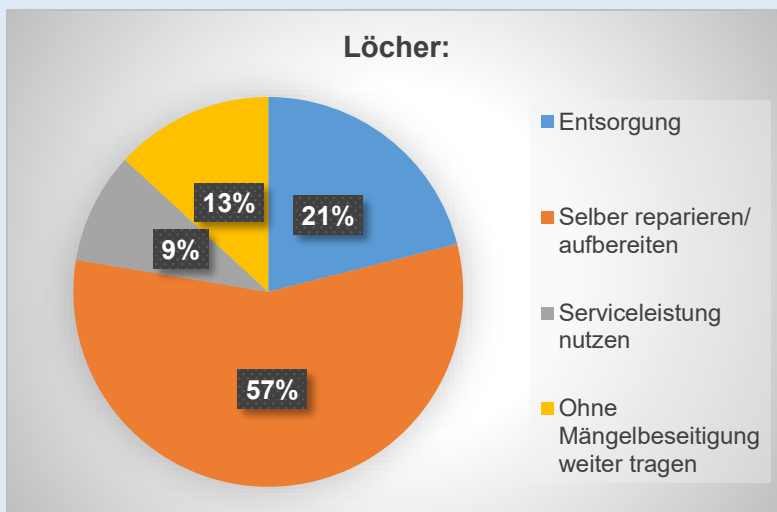


Abbildung 10-3: Verfahren bei Löchern¹³⁹

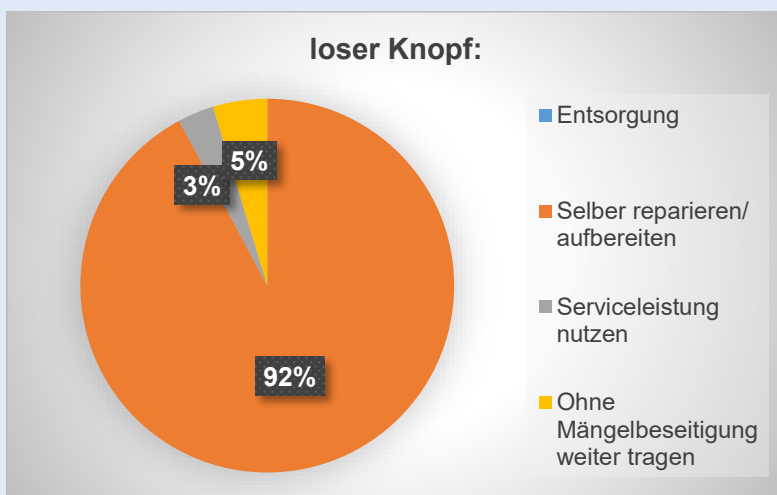


Abbildung 10-4: Verfahren bei einem losen Knopf¹⁴⁰

¹³⁹ eigene Darstellung

¹⁴⁰ eigene Darstellung

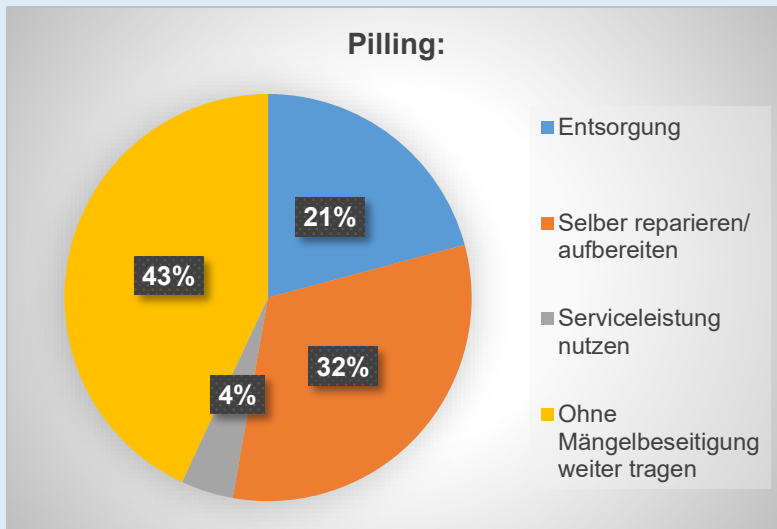


Abbildung 10-5: Verfahren bei Pilling¹⁴¹

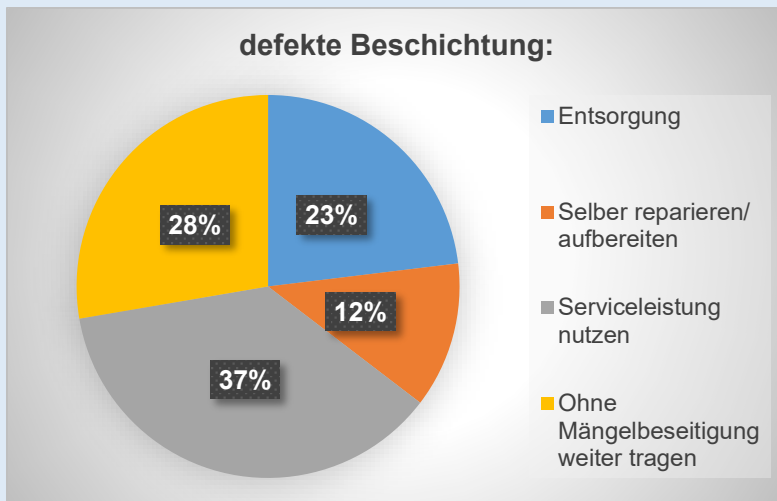


Abbildung 10-6: Verfahren bei defekter Beschichtung¹⁴²

¹⁴¹ eigene Darstellung

¹⁴² eigene Darstellung

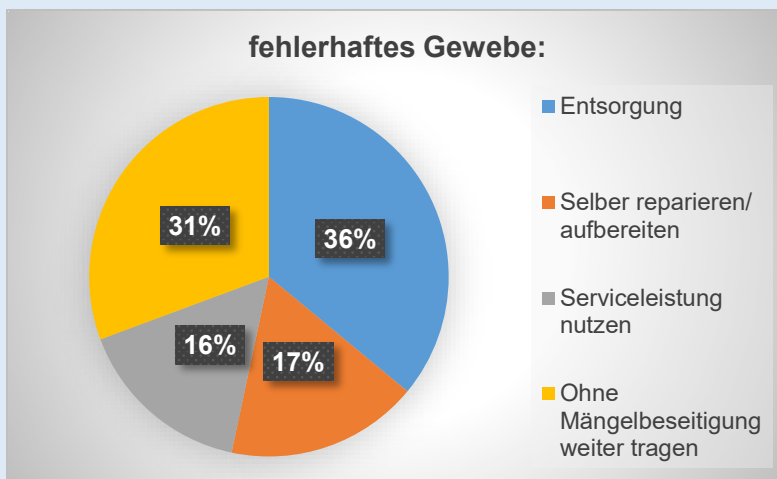


Abbildung 10-7: Verfahren bei fehlerhaftem Gewebe¹⁴³

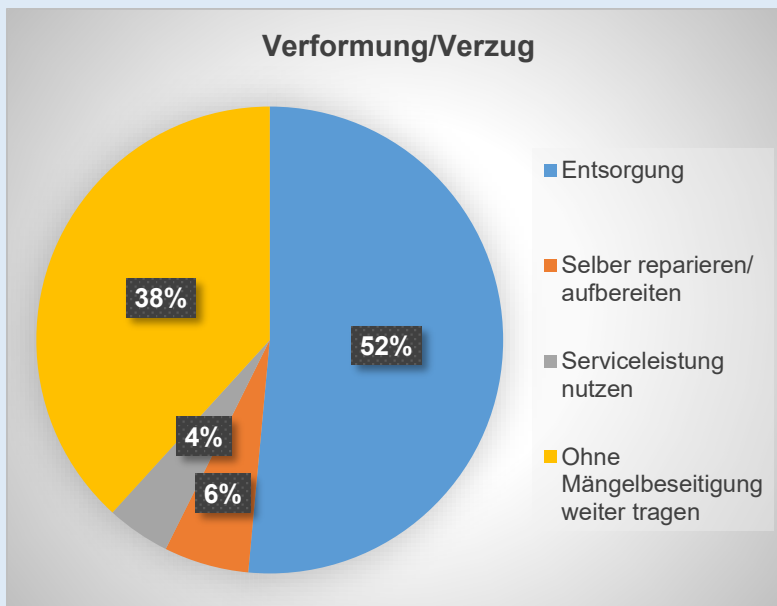


Abbildung 10-8: Verfahren bei Verformung/Verzug¹⁴⁴

¹⁴³ eigene Darstellung

¹⁴⁴ eigene Darstellung