

Stoffströme von Alttextilien in der Schweiz



Zürich, März 2024

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Projektinformationen

Projekttitlel Stoffströme von Alttextilien in der Schweiz

Auftraggeber Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Abfall und Rohstoffe, CH-3003 Bern
Begleitung BAFU: Cornelia Rotzetter, Juliet Blum, Niklas Nierhoff

Auftragnehmer Quantis
Mireille Faist (Faist.Mireille@quantis.com)
Principal Sustainability Expert, Quantis
Larissa Lienhard (Lienhard.Larissa@quantis.com)
Sustainability Specialist, Quantis
Sabine Lötscher (Loetscher.Sabine@quantis.com)
Senior Sustainability Strategist, Quantis

Haftungsausschluss Die in diesem Bericht enthaltenen Informationen wurden aus Quellen zusammengestellt und / oder berechnet, die als glaubwürdig erachtet werden. Die Anwendung dieser Informationen liegt ausschliesslich im Ermessen und in der Verantwortung des Lesers. Quantis haftet nicht für Verluste oder Schäden, die aus der Verwendung der Informationen in diesem Dokument entstehen.
Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Publikation 08.03.2024

Übersetzung Intermundos GmbH, Bochum DE

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis.....	V
Abkürzungen	VI
Glossar	VI
Zusammenfassung	VII
1. Einführung	1
2. Methodisches Vorgehen.....	2
2.1. Systemgrenzen	2
2.2. Grenzen der Studie	2
2.3. Informationsbeschaffung	3
2.4. Analyse der Daten.....	3
3. Übersicht der Alttextilströme	4
4. Sammlung der Alttextilien.....	5
4.1. Rechtliche Grundlagen	5
4.2. Vorgehen bei der Sammelorganisationen und Sammelmenge	5
5. Transport und Sortierung der Alttextilien	7
5.1. Ort der Sortierung und Transport	7
5.2. Sortierung und Qualität der Alttextilien.....	7
5.3. Zusammensetzung der sortierten Alttextilien	8
5.4. Zukunftsaussichten für die Sortierung	10
6. Entsorgung der sortierten Alttextilien.....	11
6.1. Vorbereitung zur Wiederverwendung.....	12
6.1.1. Wiederverwendung als Secondhand-Kleidung in der Schweiz und Westeuropa	12
6.1.2. Wiederverwendung als Secondhand-Kleidung in Osteuropa und Ländern ausserhalb Europas	12
6.1.3. Wiederverwendung als Putzlappen	13
6.2. Stoffliche Verwertung	13
6.2.1. Mechanisches Recycling	13
6.2.2. Chemisches Recycling	16
6.2.3. Thermochemisches Recycling	16
6.3. Übersicht der Verwendungsarten	17
7. Entsorgung in der Kehrichtverbrennung	19
8. Herausforderungen und Datenlücken	20
8.1. Aktuelle Herausforderungen des Schweizer Alttextilmarkts	20
8.2. Schliessen von Datenlücken	22

9. Entwicklungen in der EU.....	24
10. Ausblick	25
11. Referenzen.....	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die wichtigsten Barrieren für mechanisches Recycling von Alttextilien.....	15
Tabelle 2: Übersicht über die Arten von Textilrecycling, deren Funktionsweise sowie ihre Stärken und Schwächen, geordnet nach Priorität (Fashion for Good, 2022; Piribauer & Bartl, 2019)	18
Tabelle 3: Übersicht über die wichtigsten aktuellen Herausforderungen im Schweizer Alttextilmarkt, geordnet nach Herausforderungen für die Sortierung, für den Weiterverkauf sowie für das Recycling.	21
Tabelle 4: Beschreibung der Datenlage in der Schweiz für die vier untersuchten Bereiche. .	23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung der Textilstoffströme in der Schweiz und von der Schweiz ins Ausland, inklusive Systemgrenze.....	2
Abbildung 2: Stoffströme der Alttextilien, welche in der Schweiz gesammelt werden, inkl. Aufteilung der gesammelten Menge pro Pfad. Alle Ströme derselben Farbe ergeben zusammengerechnet 100%, wobei die Mengen der Ströme mit Fragezeichen nicht bekannt sind.....	4
Abbildung 3: Anteil der gesammelten Alttextilien in der Schweiz pro Sammelorganisation (BAFU, 2022).	5
Abbildung 4: Gesamtmenge separat gesammelter Alttextilien pro Jahr in der Schweiz (insgesamt und pro Kopf) von 2002 bis 2022 (BAFU, Abfallmengen und Recycling 2021 im Überblick, 2022).....	6
Abbildung 5: Aufteilung der gesammelten Alttextilien nach Land der Sortieranlage (Quelle: Interviews).	7
Abbildung 6: Aufteilung der sortierten Alttextilien nach Qualitätsstufen (Quelle: Interviews).	8
Abbildung 7: Stoffliche Zusammensetzung der vorsortierten Menge, basierend auf Stichproben einer Schweizer Organisation (links) und in ganz Europa (rechts) (Fashion for Good, 2022). Diese Daten sind nicht aussagekräftig für die gesamte sortierte Menge Schweizer Alttextilien.	9
Abbildung 8: Übersicht über die Entsorgungswege der gesammelten Alttextilien.	11
Abbildung 9: Aufteilung der gesammelten Alttextilmenge nach Art der Weiterverwendung.	12

Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt (Schweiz)
EEA	European Environment Agency
Empa	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EU	Europäische Union
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
NIR	Nahinfrarot
SVKI	Schweizerischer Verband kommunale Infrastruktur

Glossar

Alttextilien	Gebrauchte Bekleidungs- und Haushaltstextilien, die nach dem Gebrauch separat gesammelt, weitergegeben oder im Kehrichtsack entsorgt werden. Separat gesammelte Alttextilien gelten als Abfall.
Produktionsreste	Textilien aller Art, welche während der Produktion als Stoffreste entsorgt werden.
Entsorgung	Die Entsorgung der Abfälle umfasst ihre Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung.
Vorbereitung zur Wiederverwendung	Behandlung der Abfälle, damit diese wiederverwendet werden können. Unter Behandlungen fallen z. B. die Sortierung, Prüfung, Reinigung und Reparatur. Die behandelten Alttextilien können dann als Secondhand Ware oder Putzlappen weiterverkauft werden.
Stoffliche Verwertung	Darunter fallen das mechanische, chemische und thermochemische Recycling von Alttextilien.
Mechanisches Recycling	Zerreißen von Alttextilien in Fasern oder Faserresten, um neue Stoffe daraus herzustellen.
Chemisches Recycling	Alttextilien werden unter Benutzung von Chemikalien in Poly- oder Monomere aufgeteilt und in neue Strukturen zusammengesetzt.
Thermochemisches Recycling	Anhand von Hitze und Chemikalien werden Alttextilien in Poly- oder Monomere aufgeteilt und in neue Strukturen zusammengesetzt.
Thermische Verwertung	Verbrennung von Abfällen in der Kehrichtverbrennungsanlage.
Fast Fashion	Geschäftsmodell, bei dem Kollektionen schnell und trendbezogen designet und zu niedrigen Preisen produziert und verkauft werden. Die Fast Fashion steht unter ökologischen, sozialen und ökonomischen Gesichtspunkten unter Kritik.

Zusammenfassung

Die global ausgerichtete Textilindustrie spielt eine bedeutende Rolle bezüglich zentraler Umweltthemen wie Klimawandel, Biodiversitätsverlust, Wasserknappheit, Energieverbrauch und Freisetzung toxischer Stoffe. Durch den Konsum grosser Mengen an Textilien trägt die Schweiz massgeblich zu diesen Umweltproblemen bei. Dabei haben die Konsumentinnen und Konsumenten einen Einfluss sowohl auf die Menge als auch auf die Qualität und Nachhaltigkeitsstandards eingekaufter und somit auch produzierter Textilien. Während die jährlich produzierte Menge Textilien zunimmt, sinkt tendenziell die Qualität (Trend zu Fast Fashion). Diese beiden Entwicklungen führen zu einer Zunahme negativer Auswirkungen des Textilsektors auf die Umwelt.

Eine zirkuläre Gestaltung der Textilbranche kann einen Beitrag zur Reduktion dieser Umweltauswirkungen beitragen, indem weniger primäre Ressourcen gebraucht und weniger Emissionen und Abfall erzeugt werden. Obwohl es bereits wichtige Fortschritte in Richtung Kreislaufwirtschaft gibt, werden die meisten Stoffe noch nicht vollständig zirkulär verwertet.

Diese Studie zeigt die Alttextilströme der Schweiz und die Zusammensetzung der Alttextilien in der Separatsammlung auf. Auch wird die aktuelle Situation der Alttextilverwertung auf der Basis von Experteninterviews, statistischen Daten und vorhandener Literatur analysiert. Dies umfasst die Beschreibung und die Quantifizierung der Vorgänge im Zusammenhang mit der Sammlung, Sortierung und Verwertung der Alttextilien.

Die Sammlung von Alttextilien wird in der Schweiz hauptsächlich von den Organisationen TEXAID und Tell-Tex vorgenommen. Daneben sammeln auch kleinere Organisationen wie Caritas, Textura oder das Rote Kreuz Alttextilien aus Haushalten. Die meisten Alttextilien werden in Containern gesammelt. Etwa 6.7 kg pro Person wurden im Jahr 2022 von Sammelunternehmen gesammelt (Total rund 60'000 Tonnen). Neben der separaten Sammlung werden gemäss der Kehrichtsackanalyse aus dem Jahr 2022 rund etwa 4.1 kg Alttextilien pro Person und Jahr über den Haushaltskehricht entsorgt (Total rund 36'700 Tonnen). Somit werden aktuell etwas mehr als 60% der Alttextilien separat gesammelt.

Nur etwa 2% der separat gesammelten Alttextilien werden in der Schweiz sortiert. Die zu 98% exportierten Alttextilien werden von Sortieranlagen im Ausland sortiert. Grund dafür sind die Kosten. Die Sortierung ist wenig automatisiert und grösstenteils Handarbeit. Von allen sortierten Alttextilien, unabhängig vom Ort der Sortierung, werden etwa 60% für die Second-hand-Wiederverwendung weiterverkauft, etwa 28% werden stofflich verwertet und rund 12% werden verbrannt oder deponiert. Detailliertere Informationen über die Stoffströme ausserhalb Europas sind nicht bekannt, da der Einfluss der meisten Schweizer Sammelunternehmen an der europäischen Grenze endet. In welches Land die Alttextilien nach der Sortierung gehen und ob die für die Wiederverwendung exportierten Textilien tatsächlich weitergetragen werden, ist nicht bekannt, da genaue Daten dazu fehlen.

Textilien mittlerer und hoher Qualität können weiterverkauft werden. Alttextilien von minderer Qualität werden in der Regel stofflich verwertet, sofern sie nicht fälschlicherweise weiter exportiert werden. Die Art der Verwertung hängt von der Zusammensetzung, der Grösse und der Webart des Stoffes ab. Grossflächige und saugfähige Alttextilien werden zu Putzlappen zugeschnitten. Locker gewebte Textilien werden in einzelne Fasern gerissen und zu neuen Garnen verarbeitet. Eine weitere Verwertungsart ist das Reissen von eng gewebten Stoffen, wobei mit dieser Methode die Fasern häufig zerrissen und keine neuen Garne hergestellt werden können. Die zerrissenen Fasern werden in der Regel in Vlies- oder Dämmstoffe

weiterverarbeitet. Eine chemische oder thermochemische Verwertung von Alttextilien von minderer Qualität ist ebenfalls möglich, insbesondere für Polyester und Baumwolle. Momentan werden auf diese Weise geringe Mengen verwertet, das Potenzial wird jedoch als vielversprechend eingestuft. Zukünftig soll es möglich sein, auch komplexere und verschmutzte Materialien chemisch zu recyceln und wiederzuverwerten. Momentan werden Alttextilien von schlechter Qualität, beispielsweise aufgrund von Beschädigungen oder zu hoher Verunreinigung, auch direkt beseitigt. Dies geschieht im besten Fall in einer Kehrichtverbrennungsanlage mit Energierückgewinnung («energetische Verwertung»), was zum Verlust von Ressourcen und zu Treibhausgasemissionen führt. Im schlechtesten Fall landen sie in der Umwelt oder auf offenen Mülldeponien.

Momentan ist die Nachfrage nach recycelten Textil-Fasern in der Schweiz wie auch weltweit gering. Teilweise wird jedoch Recycling-PET aus Getränkeflaschen für Textilien verwendet und beworben. Aus Umweltsicht ist es nicht zielführend, wenn lebensmittelverträgliches PET aus dem Flaschen-Kreislauf entnommen wird.

Während der Durchführung dieser Studie wurden verschiedene Datenlücken identifiziert, die eine umfassende Stoffstromanalyse von in der Schweiz gesammelten Alttextilien verunmöglichen. Während die Datenlage zur Sammlung (Menge, Qualität) gut ist, fehlen gesicherte Daten zur Zusammensetzung der Alttextilien, der genauen Verwendung und Verwertung sowie zu den Bestimmungsorten und Exportländern nach dem Verkauf an Drittorganisationen. Diese mangelhafte Datenlage zeigt, dass im bisherigen linearen Geschäftsmodell der Textilindustrie dem Ende des Lebenszyklus beziehungsweise dem Wert von Alttextilien zu wenig Beachtung geschenkt wurde.

Um die stoffliche Verwertung von Alttextilien weiter voranzutreiben, braucht es marktfähige Technologien für das Recycling. Auch müssen komplexere und verschmutzte Materialien recycelt werden können. Viele Technologien zum «Faser-zu-Faser-Recycling» sind in Entwicklung und werden in den kommenden Jahren neue Möglichkeiten eröffnen. Die EU hat wichtige neue Regelungen angekündigt, die einige der grössten Hindernisse für eine Kreislaufwirtschaft angehen sollen. Gemäss Vorschlag der EU-Kommission sollen zum Beispiel ab 2025 Alttextilien separat gesammelt werden. Zudem sollen die EU-Mitgliedsstaaten die Einführung einer erweiterten Produzentenverantwortung für Textilien sicherstellen, einschliesslich Informationen bereitstellen, unter anderem zu Wiederverwendung, Recycling und Entsorgung. Gemäss der aktuell revidierten Ökodesignverordnung soll zudem ein Produktpass für jeden Textilartikel eingeführt werden, welcher Spezifikationen über die Herkunft und die Materialzusammensetzung enthalten soll. Dadurch soll die Sortierung und das Recycling von Alttextilien vereinfacht werden. Weiter soll der Export von qualitativ schlechten Textilien, die im Ausland entsorgt werden müssten, u. a. durch Kontrollen erschwert werden.

Der Alttextilsektor befindet sich in einem starken Wandel. Es stehen Entwicklungen an, die die Möglichkeiten und Prioritäten der verschiedenen Verwertungsarten verändern werden.

1. Einführung

Die durch die Textilindustrie verursachte Umweltbelastung spielt eine bedeutende Rolle bezüglich zentraler Umweltthemen wie Klimawandel, Biodiversitätsverlust, Wasserknappheit, Energieverbrauch und Freisetzung toxischer Stoffe. Innerhalb der Schweizer Grenzen werden Umweltprobleme dieser Art primär von anderen Sektoren verursacht, da in der Schweiz verhältnismässig wenige Textilien hergestellt werden. Jedoch trägt die Schweizer Bevölkerung erheblich zur Umweltauswirkung bei, indem sie eine beträchtliche Menge an importierten Textilprodukten konsumiert. Während die produzierte Menge zunimmt, sinkt tendenziell die Qualität der Textilien durch den Trend zu immer mehr Fast Fashion.

Die durch die Textilindustrie verursachte Umweltbelastung fällt grösstenteils in den Ländern an, wo Rohstoffe angebaut und Textilien produziert werden. Durch unser Kaufverhalten können wir darauf einen Einfluss nehmen. Wer weniger konsumiert und auf Qualität und Nachhaltigkeitsstandards achtet, leistet einen Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung. Einen direkteren Einfluss haben wir auf die Entsorgung von Alttextilien in der Schweiz und damit insbesondere auf die Zirkularität der Textilien, indem wir die Textilien korrekt entsorgen und so gut wie möglich recyceln. Dabei soll nicht vergessen werden, dass die Zirkularität bereits beim Produktdesign beginnt.

Derzeit ist eine zirkulare Verwertung von Alttextilien aufgrund fehlender Technologien und Kapazitäten grösstenteils nicht realisierbar. Es besteht somit ein erhebliches Potential für Verbesserungen. Zudem wird momentan beim Produktdesign kaum an die Entsorgung gedacht, was ein zusätzliches Potential zur Erhöhung der Zirkularität darstellt.

Diese Studie soll die aktuellen Alttextilströme in der Schweiz aufzeigen. Die Ziele sind:

- Quantifizierung der Stoffströme von Alttextilien in der Schweiz
- Qualitative Beschreibung der Stoffströme von Alttextilien in der Schweiz
- Identifizierung der aktuellen Hürden für mehr Kreislauf im Textilsektor
- Identifizierung von Datenlücken und Optimierungspotenziale der Datenlage

Um diese Leitfragen zu beantworten, wurden einerseits Interviews mit wichtigen Akteurinnen und Akteuren der Alttextilsammlung und -verwertung durchgeführt. Andererseits wurden Wissenslücken mit vorhandener Literatur geschlossen.

2. Methodisches Vorgehen

2.1. Systemgrenzen

Diese Studie betrachtet Alttextilstrome innerhalb der Schweiz und von der Schweiz ins Ausland sowohl quantitativ als auch qualitativ. Stoffströme aus dem Ausland in die Schweiz sind nicht Teil dieser Studie. Weiter werden nur Stoffströme von Alttextilien angeschaut, welche nach dem Konsum anfallen; unverkaufte neue Textilien, welche entsorgt werden und rund 5% der gesamten Ware im Textilbereich ausmachen (BAFU, 2023), liegen ausserhalb der definierten Systemgrenzen. Es gibt kein Referenzjahr für die gesammelten Daten; es werden stets die neusten, verfügbaren Daten herangezogen.

Abbildung 1 stellt die Stoffströme des Textilsektors dar. Sie zeigt die verschiedenen Prozessschritte und deren Zusammenhang untereinander auf. Die Prozessschritte von der Sammlung bis zum Recycling/Export werden in diesem Bericht genauer beschrieben. Die Prozessschritte von der Herstellung bis zum Gebrauch sowie die Entsorgung im Ausland sind nicht Teil dieser Studie.

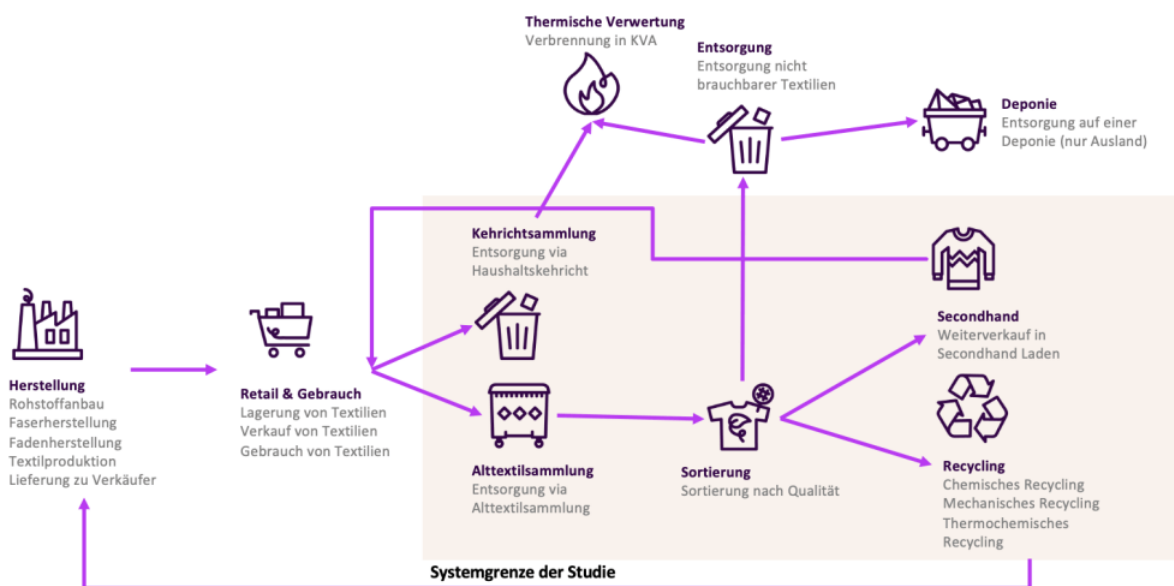


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung der Textilstoffströme in der Schweiz und von der Schweiz ins Ausland, inklusive Systemgrenze.

2.2. Grenzen der Studie

Die Erkenntnisse dieser Studie werden durch verschiedene Aspekte eingeschränkt:

- Diese Studie deckt über 90% der separat gesammelten Alttextilien ab, welche von offiziellen Organisationen gesammelt werden. Dennoch muss auf eine Dunkelziffer (inoffizielle Sammelorganisationen) hingewiesen werden. Es wird davon ausgegangen, dass diese in der Schweiz nur einen sehr kleinen Teil ausmacht und die Aussagen und Erkenntnisse dieser Studie kaum verändern würden.
- Kleidungsstücke, die privat weitergegeben (z. B. innerhalb der Familie) oder auf Online-Plattformen verkauft werden, sind nicht Gegenstand der Studie. Allerdings wäre es empfehlenswert, diese Anteile in Statistiken zukünftig aufzunehmen, weil laut Schätzungen rund die Hälfte der Secondhandtextilien online erworben wird (pwc, 2023).

- Die getroffenen Aussagen und hergeleiteten Zahlen basieren auf verfügbaren Daten. Diese weisen teils erhebliche Unsicherheiten auf, welche sich auf die getroffenen Aussagen auswirken können.
- Es werden nur Stoffströme untersucht, die über Alttextilsammlungen entsorgt werden. Restbestände oder nicht verkaufte Waren von Kleiderläden, die auf andere Wege entsorgt werden, sind in dieser Studie nicht erfasst.

2.3. Informationsbeschaffung

Öffentliche Daten zur Entsorgung von Alttextilien sind momentan nicht ausreichend vorhanden, um die Fragen der Studie zu beantworten. Deshalb wurden insgesamt vier Interviews mit wichtigen Akteurinnen und Akteuren der Alttextilsammlung in der Schweiz durchgeführt. Die Interviews fokussierten sich auf drei Textilsammelunternehmen, namentlich TEXAID, Tell-Textura und Textura. Die Daten von Caritas wurden per Fragebogen erhoben. Ein weiteres Interview wurde mit Swiss Textiles geführt. Dieses Interview diente dazu, die Alttextilsammlung in der Schweiz in den Kontext der gesamten Schweizer Textilbranche zu stellen.

Die Interviews zeigten auf, wie die separat gesammelten Alttextilien weiterverwendet werden und was getan werden könnte, um den gesamten Textilbereich zirkulärer zu gestalten. Gleichzeitig wurde ein Fragebogen für die Erfassung von quantitativen Daten an die befragten Sammelorganisationen verschickt. In diesem wurden die gesammelten Mengen, die Aufteilung der gesammelten Mengen nach Qualität und die Art der Wiederverwendung oder Verwertung erhoben. Dieser methodische Ansatz wurde gewählt, um sowohl qualitative als auch quantitative Erkenntnisse zu gewinnen und somit einen umfassenden Einblick in die Thematik der Alttextilströme in der Schweiz zu ermöglichen.

2.4. Analyse der Daten

Die vier Organisationen, welche die Fragebögen ausgefüllt haben, decken 90% der in der Schweiz separat gesammelten Alttextilien ab und ermöglichen somit eine gute Übersicht. Alle Organisationen konnten Auskunft über die Menge und Qualität der gesammelten Alttextilien geben. Allerdings erheben nicht alle Befragten die gleichen Daten. Somit war es für die meisten Fragen leider nicht möglich, eine statistisch signifikante Auswertung zu machen, wie zur stofflichen Zusammensetzung der gesammelten Alttextilien. Für derartige Datenlücken wurde auf Literatur zurückgegriffen. Infolgedessen spiegeln die Ergebnisse teils eher generelle Tendenzen oder Daten aus Stichproben wider.

Von den vorhandenen Daten wurde jeweils der gewichtete Durchschnitt aller 4 Befragten berechnet und in den Grafiken dargestellt. Wenn bei den Resultaten keine Quelle angegeben wird, bedeutet dies, dass die Daten und Aussagen aus den Fragebögen oder Interviews entnommen wurden.

4. Sammlung der Alttextilien

4.1. Rechtliche Grundlagen

Alttextilien gelten als Siedlungsabfall, bis sie wieder in den Wirtschaftskreislauf eingefügt werden, und unterstehen dem Entsorgungsmonopol der Kantone (Art. 31b Umweltschutzgesetz; (USG, 2022)). Die Kantone haben die Entsorgung der Siedlungsabfälle in der Regel den Gemeinden delegiert.

Art. 13 Abs. 1 der Abfallverordnung (VVEA) verpflichtet die Kantone dazu, verwertbare Anteile des Siedlungsabfalls soweit möglich separat zu sammeln und stofflich zu verwerten, wobei Textilien explizit genannt werden (VVEA, 2023).

Aufgrund des rechtlichen Monopols im Bereich Siedlungsabfälle ist es Privaten untersagt, in eigener Verantwortung gebrauchte Textilien zu sammeln, zu befördern, zwischenzulagern, zu behandeln, zu verwerten oder abzulagern. Private benötigen daher für die Ausübung einer der genannten Tätigkeiten eine Konzession von der öffentlichen Hand. Normalerweise erhält pro Gemeinde nur eine Sammelorganisation eine Konzession für die Entsorgung der Alttextilien. Bis anhin war oftmals der Preis das entscheidende Kriterium für die Vergabe, wobei von den Gemeinden zunehmend mehr Transparenz in den Stoff- und Finanzflüssen verlangt wird. Es liegt an den Gemeinden, auch ökologische oder soziale Faktoren stärker zu gewichten.

Altkleider dürfen ohne Bewilligung des BAFU exportiert werden, sofern sie nicht übermässig mit anderen Abfällen verunreinigt sind. In einigen Staaten untersteht der Import von Altkleidern aufgrund nationaler Vorschriften einer Kontrolle. In diesen Fällen müssen Exporteure beim BAFU ein Gesuch einreichen.

4.2. Vorgehen bei der Sammelorganisationen und Sammelmenge

Rund die Hälfte aller Alttextilien wird in der Schweiz von TEXAID gesammelt, rund ein Drittel von Tell-Tex und der Rest von kleineren Organisationen wie Caritas, Textura und dem Schweizerischen Roten Kreuz (Abbildung 3).

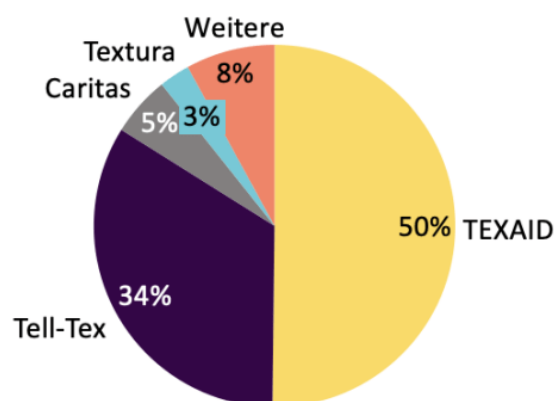


Abbildung 3: Anteil der gesammelten Alttextilien in der Schweiz pro Sammelorganisation (BAFU, 2022).

Gemäss den durchgeführten Interviews gibt es vereinzelt Gemeinden, welche Textilsammelorganisationen ohne Konzession dulden. Dies könne dazu führen, dass sich nicht-zertifizierte oder inoffizielle Organisationen in solchen Gemeinden verbreiten.

Aufgrund des Monopols der Kantone und Gemeinden dürfen Kleidergeschäfte ihre verkauften Kleidungsstücke am Ende der Lebensdauer, also als Alttextilien, nicht selbst

zurücknehmen, ohne dafür eine Konzession zu haben. Falls sie ein eigenes Rücknahmesystem aufbauen wollen, müssen sie diese in der jeweiligen Gemeinde oder im Kanton, wo sie ihren Sitz haben, beantragen, was aufwändig ist. Daher arbeiten solche Geschäfte mit Sammelorganisationen der entsprechenden Gemeinde oder des entsprechenden Kantons zusammen. Die Sammelware wird an die konzessionierte Sammelorganisation weitergegeben.

Die Alttextilien von Haushalten werden heute fast ausschliesslich in Containern gesammelt (> 99%). Vereinzelt finden Strassensammlungen statt. In-Shop Sammlungen nehmen hingegen zu. Kundinnen und Kunden können bei verschiedenen Einzelhändlern ihre gebrauchten Kleidungsstücke zurückbringen, welche die Alttextilien den Sammelorganisationen übergeben.

Die in der Schweiz separat gesammelten Alttextilien werden vom BAFU jährlich erhoben und publiziert. Die Sammelmenge zeigt einen steigenden Trend, sowohl in der Gesamtmenge wie auch in der pro Kopf-Menge von 2002 bis 2022 (Abbildung 4). Im Jahr 2020 (COVID-19-Jahr) war die Menge aussergewöhnlich hoch. Dies wird auf Aufräumaktionen der Bürgerinnen und Bürger während den Lockdowns zurückgeführt. In Jahr 2022 wurden rund 60'000 t Alttextilien in der Schweiz separat gesammelt, was in etwa 7 kg pro Person entspricht.

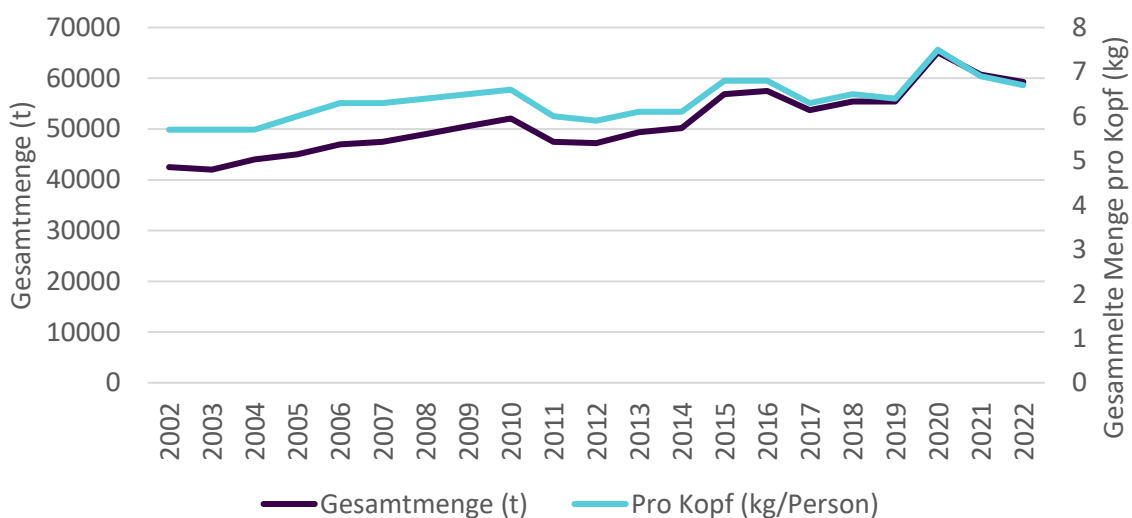


Abbildung 4: Gesamtmenge separat gesammelter Alttextilien pro Jahr in der Schweiz (insgesamt und pro Kopf) von 2002 bis 2022 (BAFU, Abfallmengen und Recycling 2021 im Überblick, 2022).

5. Transport und Sortierung der Alttextilien

5.1. Ort der Sortierung und Transport

Bei allen befragten Sammelorganisationen gibt es bereits bei den Containern der Sammelstellen eine erste Vorsortierung, bei welcher offensichtlicher Abfall, wie Flaschen oder Dosen, direkt aussortiert wird. Dies verhindert sowohl den unnötigen Transport des Abfalls in die Sortieranlagen als auch eine allfällige Kontamination der Alttextilien.

Die Sortierung wird aktuell in Handarbeit gemacht und ist daher kostspielig. Als Folge davon findet die Sortierung grösstenteils, zu rund 98%, im Ausland statt. Finden die Sortierarbeiten in der Schweiz statt, werden diese durch Organisationen oder die öffentliche Hand finanziell oder personell unterstützt, um dies zu ermöglichen. Ein Beispiel dazu ist die Sortierung in Lausanne von Textura, welche als Reintegrationsprogramm organisiert ist.

Die Organisationen haben entweder eigene Sortierbetriebe im Ausland oder arbeiten mit zertifizierten Sortierbetrieben zusammen. Fast 60% wird nach Westeuropa zur Sortierung exportiert, ca. ein Drittel geht nach Osteuropa, während nur rund 3% in Länder ausserhalb von Europa für die Sortierung exportiert werden. Abbildung 5 zeigt die Aufteilung der in der Schweiz gesammelten Alttextilien nach Ort der Sortierung auf.

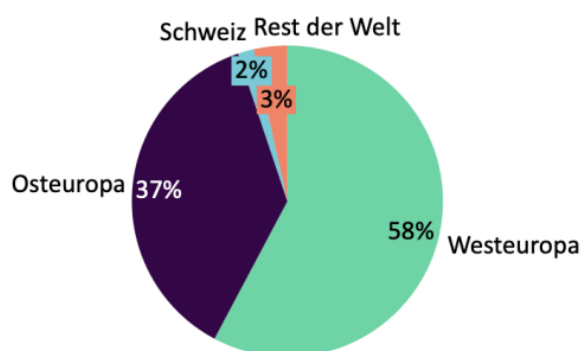


Abbildung 5: Aufteilung der gesammelten Alttextilien nach Land der Sortieranlage (Quelle: Interviews).

Der Transport zum Ort der Sortierung ist aus Umweltsicht nicht ausschlaggebend. Dieser macht zwar einen grossen Anteil der Emissionen beim Weiterverkauf von Alttextilien aus (Norion & EuRIC Textiles, 2023), ist aber im Vergleich mit den Umweltauswirkungen bei der Herstellung neuer Textilien relativ klein. Beim Weiterverkauf muss aber auch beachtet werden, dass die Alttextilien oft unsachgemäss abgelagert werden zur endgültigen Entsorgung.

5.2. Sortierung und Qualität der Alttextilien

Der Sortierprozess läuft normalerweise folgendermassen ab: Die Säcke werden geöffnet, hochwertige Kleider werden als Erstes aussortiert und nach Produktkategorie aufgeteilt (Mäntel, Jacken, Hosen, usw.). Schuhpaare werden gebunden und separat gestapelt.

Anschliessend wird jeder Artikel entsprechend seiner Qualität bewertet. Die Qualität der Alttextilien ist für die Sammelorganisationen finanziell relevant und wird daher von allen erfasst. Artikel von höchster Qualität werden in Secondhandläden oder über andere Kanäle weiterverkauft, um eine Wiederverwendung zu ermöglichen. Bei Artikeln von mittlerer Qualität wird anhand des Griffgefühls entschieden, ob diese weiter tragbar sind oder welchem Recyclingpfad sie zugeteilt werden.

Etwa 39% der gesammelten Alttextilien sind von höchster Qualität, die je nach Organisation in der Schweiz oder im Ausland weiterverkauft werden (siehe Abbildung 6). Etwa 49% der Alttextilien sind von niedriger bis mittlerer Qualität, für die es keine standardisierten Sortierkriterien gibt. Geschulte Sortiererinnen und Sortierer treffen eher subjektive Entscheidungen darüber, wann Artikel dieser Qualität weiterverkauft oder weiterverwertet werden. Tendenziell werden Artikel von mittlerer Qualität weiterverkauft, jedoch nicht in der Schweiz, da hier die Anforderungen an die Qualität besonders hoch sind. Die Alttextilien mittlerer Qualität werden im Ausland vermarktet. Alttextilien von niedriger Qualität sind nicht weiter tragbar und werden mechanisch, chemisch oder thermochemisch recycelt.

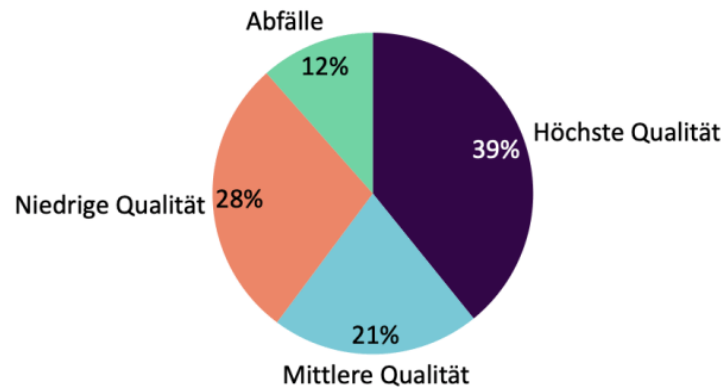


Abbildung 6: Aufteilung der sortierten Alttextilien nach Qualitätsstufen (Quelle: Interviews).

In den Interviews wurde mehrfach betont, dass die Qualität der gesammelten Produkte seit Jahren abnimmt und somit ein geringerer Anteil weiterverkauft werden kann.

5.3. Zusammensetzung der sortierten Alttextilien

Es gibt keine verlässlichen Zahlen über die durchschnittliche Zusammensetzung der gesammelten Alttextilien. Die Stichprobe einer Sammelorganisation, in der ein kleiner Teil der gesammelten Menge untersucht wurde, zeigte, dass ca. 60% der Alttextilien Kleidungsstücke aus Textilien sind, 5% Kleidungsstücke aus nicht-Textilien, 2% Kleidungsstücke aus einem Gemisch von Textilien und nicht-Textilien, 3% Haushalts- und Heimtextilien, 15% nicht-Textilien und 14% Abfälle. Die Kategorie «nicht-Textilien» bezeichnet dabei Produkte wie zum Beispiel Schuhe oder Gürtel. Die Abfälle beinhalten unbrauchbare Sammelware, z. B. aufgrund starker Verschmutzung, oder sonst nicht brauchbare Artikel, sowie sonstige Siedlungsabfälle wie Flaschen oder Verpackungen. Der genaue Anteil der verschiedenen Arten von Abfällen wird von den Organisationen nicht erhoben.

Die befragten Organisationen konnten keine umfassenden Informationen zur Materialzusammensetzung der gesammelten Alttextilien geben, da diese Daten nicht systematisch erfasst werden. Lediglich eine interviewte Organisation hat stichprobenartig eine geringe Sammelmenge auf deren Materialzusammensetzung untersucht. Hierbei wurde eine Menge, die zur Herstellung von Putzlappen aussortiert wurde, und eine Menge, die mechanisch recycelt werden sollte, untersucht. Die Resultate dieser Analyse sind in Abbildung 7 (linke Seite) dargestellt. Die Menge, die zur Herstellung von Putzlappen aussortiert wurde, besteht etwa zu 75% aus Baumwolle, 20% aus Polyester und 5% aus Polyamid. Die Menge für das mechanische Recycling besteht etwa zur Hälfte aus Polyester, ein Drittel ist Baumwolle und der Rest ist aus Polyamid und Elasthan.

Die Abbildung 7 (rechte Seite) zeigt weiter die Resultate der Studie *Sorting for Circularity* von Fashion for Good und Circle Economy von 2022 (Fashion for Good, 2022). Es ist anzumerken, dass die Stichprobenmengen um einiges grösser sind als die der Schweizer Organisation, da Stichproben in ganz Europa durchgeführt wurden. Die Studie zeigt, dass Baumwolle das vorherrschende Material in sortierten Mengen für mechanisches und chemisches Recycling ist. Zudem findet man in Mengen, welche für chemisches Recycling aussortiert wurden, vermehrt auch Textilien aus Polyester.

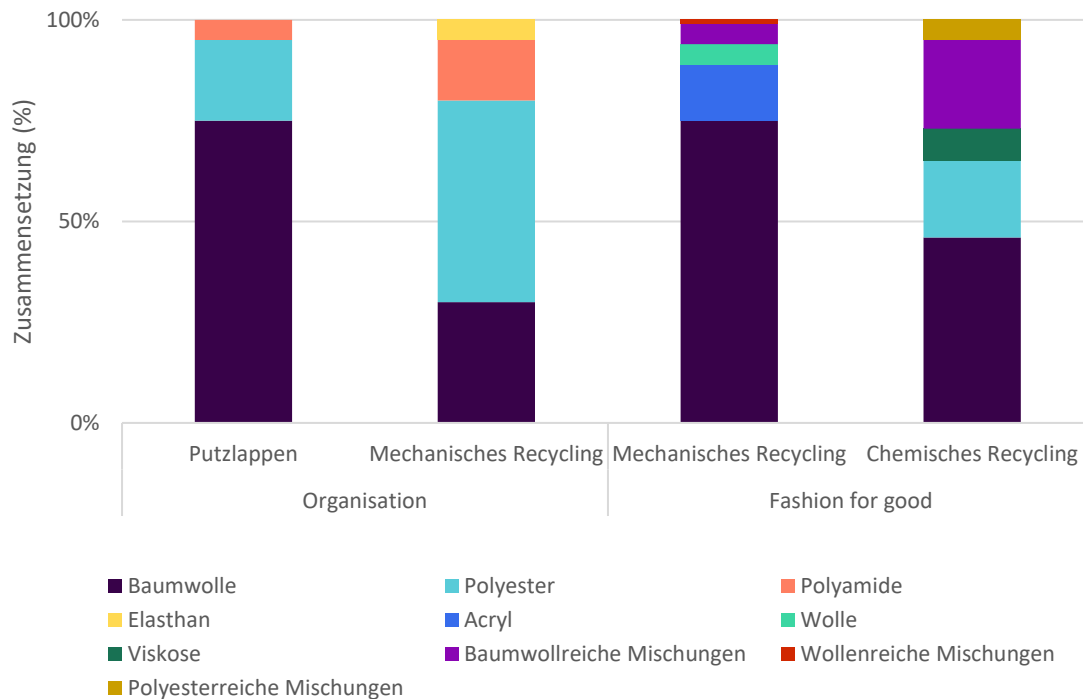


Abbildung 7: Stoffliche Zusammensetzung der vorsortierten Menge, basierend auf Stichproben einer Schweizer Organisation (links) und in ganz Europa (rechts) (Fashion for Good, 2022). Diese Daten sind nicht aussagekräftig für die gesamte sortierte Menge Schweizer Alttextilien.

Obwohl diese Zusammensetzungen nur auf Stichproben basieren, spiegeln sie gut wider, wie geeignet bestimmte Materialien für verschiedene Arten der Verwertung sind. Die Resultate der Schweizer Organisation zeigen, dass vor allem Baumwollprodukte in Mengen gefunden werden, die zu Putzlappen verarbeitet werden, weil Baumwolle Feuchtigkeit sehr gut aufsaugt. In der Stichprobe der Fashion for Good Studie ist tendenziell Baumwolle das vorherrschende Material, da es eines der Materialien ist, das am einfachsten recycelt werden kann. Baumwolle wird anteilmässig weniger für chemisches Recycling aussortiert als für mechanisches, da für ersteres auch andere Materialien wie Polyester verwendet werden können. Dies liegt daran, dass Polyester bereits heute relativ einfach hochwertig chemisch recycelt werden kann; allerdings sind die heute rezyklierten Mengen sehr klein.

In der Grafik ist ersichtlich, dass die Resultate für mechanisches Recycling der beiden Stichproben sehr unterschiedlich sind. Dies ist hauptsächlich durch eine unterschiedliche Stichprobe sowie auch unterschiedliche Methoden, die verwendet wurden, zu erklären. Die Zahlen sind folglich mit Vorsicht zu interpretieren.

5.4. Zukunftsaussichten für die Sortierung

Es wird erwartet, dass in naher Zukunft sowohl das mechanische als auch das chemische Recycling zunehmend marktfähig sein werden. Dazu muss auch der Sortierprozess entsprechend angepasst werden. Der aktuelle Vorschlag der EU-Kommission zur revidierten EU-Abfalldirektive sieht so auch eine Verbesserung der Sortierung vor.

Eine effiziente Alttextilverwertung erfordert eine präzisere Erfassung der stofflichen Zusammensetzung der Alttextilien und anderer Aspekte, wie Farbe und Grösse. Dies wiederum bedingt eine gut funktionierende automatisierte Sortierung, wobei gewisse Herausforderungen wie die Komplexität der Materialien (die gängigen Technologien können mehr als zwei Materialien im gleichen Stoff nicht identifizieren), immer noch bestehen. Eine Technologie, welche bei der automatisierten Sortierung helfen kann, ist die NIR¹ Technologie, welche jedoch noch nicht marktfähig ist. Durch Infrarotstrahlen kann die Stoffzusammensetzung an der Oberfläche bereits verlässlich bestimmt werden, gewobene und zweilagige Stoffe allerdings nicht. Somit braucht es weiterhin Bemühungen, um die Funktionalität dieser und weiterer Technologien zu verbessern und neue Ansätze zu fördern. Durch neue Entwicklungen, wie zum Beispiel die Einführung eines Produktpasses gemäss aktuellem Stand der revidierten EU-Ecodesign-Verordnung, würde eine signifikante Automatisierung möglich werden und damit die Sortierung verbessern.

¹ NIR: Nahinfrarot Technologie: physikalische Methode zur zerstörungsfreien Bestimmung organischer Molekülverbindungen. Durch die Reflektion der NIR-Strahlung können Informationen über die molekulare Zusammensetzung der analysierten Stoffe gewonnen werden (Analyticon, 2023).

6. Entsorgung der sortierten Alttextilien

Eine vereinfachte Darstellung der verschiedenen Entsorgungswege ist in Abbildung 8 dargestellt. Diese basiert auf Informationen, welche während den Interviews gesammelt wurden.

Wie bereits erwähnt, werden neue Technologien für die mechanische, chemische und thermochemische Verwertung sowie für die Sortierung, substantielle Veränderungen bei der Entsorgung von Alttextilien bewirken. Eine Quantifizierung der Stoffströme ist aufgrund der begrenzten Datenlage nicht möglich.

Die Hauptschritte des dargestellten Prozesses werden in den nachfolgenden Kapiteln genauer erläutert.

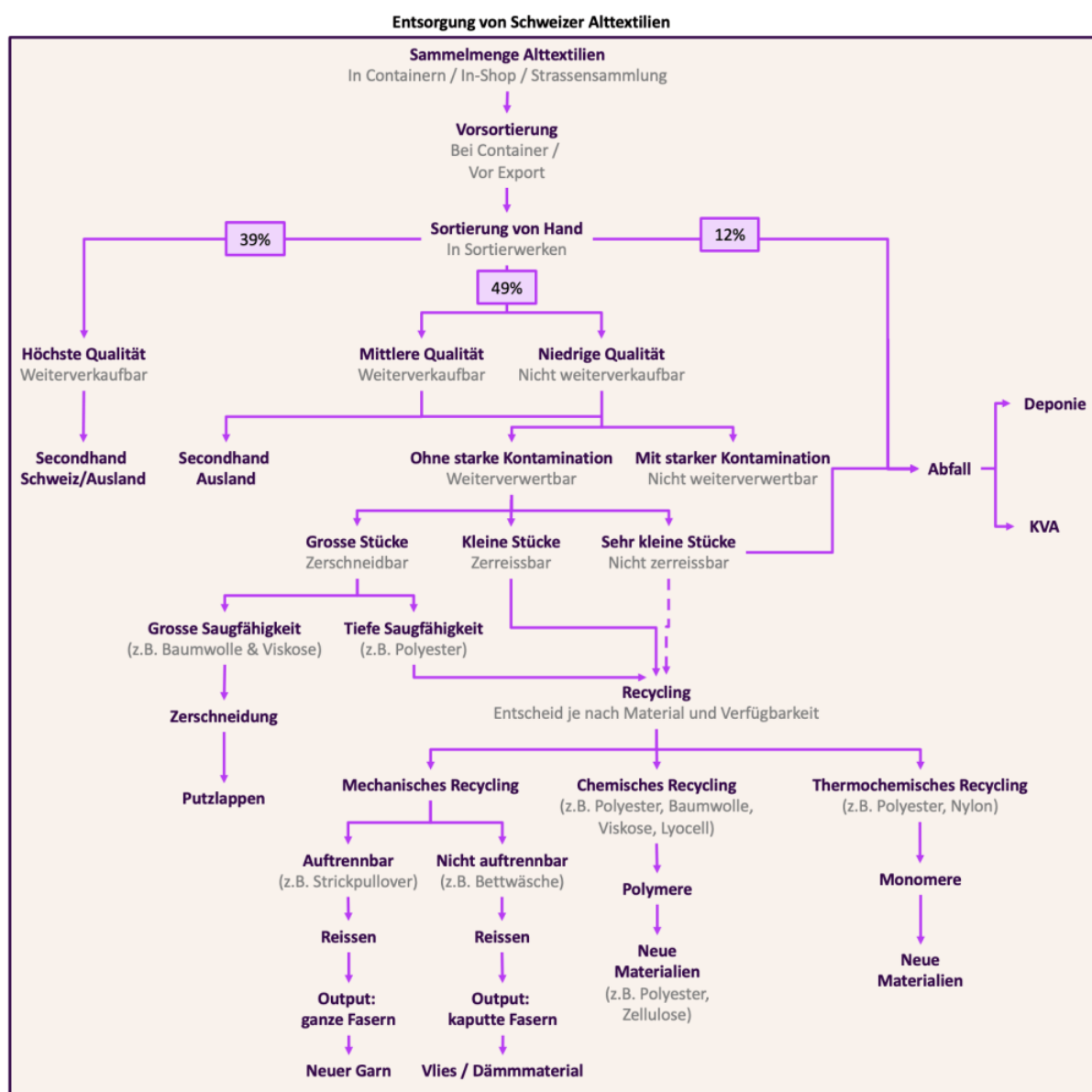


Abbildung 8: Übersicht über die Entsorgungswege der gesammelten Alttextilien.

Die nachfolgende Abbildung 9 zeigt, dass durchschnittlich rund 60% der sortierten Alttextilien weiterverkauft werden können. Ob diese Kleidung tatsächlich weiterverkauft und wieder getragen werden, ist nicht bekannt. Etwa 28% geht in die stoffliche Verwertung, während 12%

direkt entsorgt werden. Diese Daten basieren auf Aussagen und zur Verfügung gestellten Daten der befragten Sammelunternehmen.

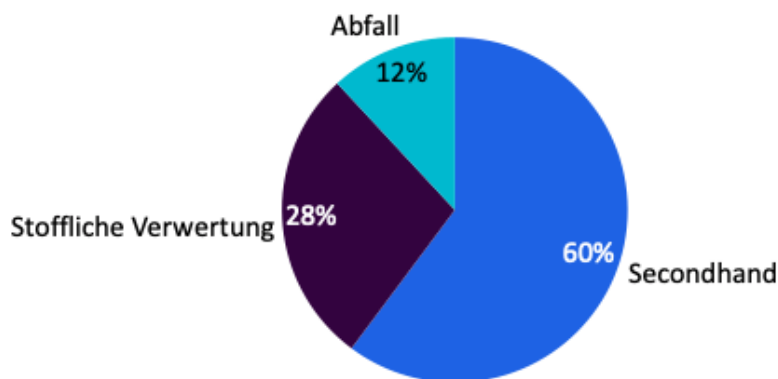


Abbildung 9: Aufteilung der gesammelten Alttextilmenge nach Art der Weiterverwendung.

6.1. Vorbereitung zur Wiederverwendung

6.1.1. Wiederverwendung als Secondhand-Kleidung in der Schweiz und Westeuropa

Wie oben erwähnt haben die Sammelorganisationen entweder eigene Sortierwerke oder verkaufen die Alttextilien an Sortierwerke. Die Sortierwerke wiederum verkaufen nach der Sortierung die Alttextilien – welche nun nicht mehr als Abfall, sondern als Produkt gelten - an Alttextil-Händler. Diese verkaufen die Alttextilien von höchster Qualität in der Schweiz oder nach Westeuropa. Alttextilien mittlerer Qualität können nur im Ausland weiterverkauft werden (siehe Kapitel 6.1.2). Dort werden sie entweder in eigenen Secondhandläden, direkt an Händler mit Secondhand-Läden oder an Vertriebsnetze, die verschiedene Secondhand-Läden besitzen oder beliefern, verkauft. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung als Secondhand ist finanziell und ökologisch am attraktivsten. Es generiert die höchsten Erträge und die Rohstoffe werden vollständig wiederverwendet. Voraussetzung dafür ist, dass die Alttextilien kaum Gebrauchsspuren aufweisen und somit ihre maximale Lebensdauer nicht erreicht haben.

6.1.2. Wiederverwendung als Secondhand-Kleidung in Osteuropa und Ländern ausserhalb Europas

Da die Nachfrage nach Secondhandkleidung in der Schweiz und in Westeuropa begrenzt ist und die Qualitätsanforderungen hoch sind, werden viele wiederverwendbaren Alttextilien exportiert. Häufige Zielländer sind Osteuropa, Afrika und Asien. Die Schweizer Sammelorganisationen mit eigenen Sortierwerken verkaufen die gesammelten und sortierten Alttextilien an Händler, die diese Alttextilien anschliessend in andere Länder weiterverkaufen. Die Organisationen ohne eigene Sortierwerke verkaufen die Alttextilien an Sortierwerke, welche ihrerseits die Alttextilien an Händler verkaufen. In der Regel sagen die Händler, welche Art von Alttextilien (z. B. kurze Hosen, Pullover) sie benötigen. Die Schweizer Organisationen haben nur begrenzten Einfluss darauf, was mit den Alttextilien passiert oder an wen sie verkauft werden. Sie können lediglich darauf achten, dass die Alttextilien den Klimabedingungen des Importlandes entsprechen. Die genaue Destination, Verwendung und Entsorgung der exportierten Alttextilien können sie nach eigenen Angaben nicht beeinflussen. Sie erheben auch keine Daten, was mit den Alttextilien weiter geschieht, da sie diese im Normalfall nicht zur Verfügung haben.

Laut einer Studie der European Environmental Agency (EEA) bestehen die Alttextilien, welche zum Zweck der Wiederverwendung nach Afrika verkauft werden, dennoch zu 40% aus Abfall (EEA, 2023). Da es in den meisten Afrikanischen Ländern keine oder eine ungenügende Abfallwirtschaft gibt, landet der Grossteil dieses Abfalls auf Ablagerungsstandorten. Für Asien gibt es dazu keine Verfügbaren Daten.

6.1.3. Wiederverwendung als Putzlappen

Alttextilien, welche nicht in ihrer ursprünglichen Form weiterverkauft werden können, da sie beschädigt sind, können zu Putzlappen zugeschnitten werden. Dazu müssen die Alttextilien grossflächig und saugfähig sein. Baumwolle und Viskose eignen sich dafür beispielsweise gut (Piribauer & Bartl, 2019). Dies ist ein attraktives Geschäftsmodell für die Sammelunternehmen. Die Nachfrage nach Putzlappen ist gross und relativ konstant. Da die Putzlappen während der Verwendung teils verschmutzt oder beschädigt werden, landen sie nach dem Gebrauch oftmals im Abfall. Falls sie dennoch in der Alttextilsammlung entsorgt werden, können sie nicht erneut zu Putzlappen verarbeitet werden. Stattdessen werden sie gerissen und verfolgen dieselbe Recyclingpfadstruktur wie die übrigen Alttextilien (siehe Abbildung 8).

6.2. Stoffliche Verwertung

Alle Alttextilien, welche nicht weitergetragen werden können und sich nicht als Putzlappen eignen, sollten, wenn möglich, stofflich verwertet werden, um die Rohstoffe im Kreislauf zu halten. Ausnahmen gibt es bei Materialien, bei denen die Neuproduktion signifikant weniger negative Auswirkungen auf die Umwelt hat als die stoffliche Verwertung. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn das Recycling sehr energieintensiv ist und die Neuproduktion wenige Ressourcen verlangt. Jedoch nehmen die Auswirkungen der stofflichen Verwertung durch die Optimierung der Prozesse tendenziell ab, weshalb die stoffliche Verwertung grundsätzlich sinnvoll ist.

Noch fehlen umfassende Analysen und Vergleiche zu den Umweltauswirkungen aller Verwertungsarten, auch aufgrund der teilweise geringen Reife der Technologien. Europäische Projekte wie das Projekt T-Rex² werden in den nächsten Jahren neue Erkenntnisse dazu liefern.

Nachfolgend werden das mechanische, chemische und thermochemische Recycling beschrieben.

6.2.1. Mechanisches Recycling

Mit mechanischem Recycling bezeichnet man die mechanische Verarbeitung von Alttextilien zu neuen Materialien und Produkten. Die Menge an Schweizer Alttextilien, welche jährlich mechanisch recycelt werden, ist nicht bekannt. Es ist jedoch die häufigste Recyclingmethode für Schweizer Alttextilien.

Beim mechanischen Recycling werden die Stoffe maschinell zerrissen und in Fasern zerlegt. Reissanlagen verfügen über Nagelwalzen, welche die Textilien öffnen und die Separierung der Fasern ermöglichen. Vor dem Reissen werden Störelemente wie Metallstücke, plastifizierte Aufdrucke, Nähte und Knöpfe manuell entfernt. Wenn möglich werden diese wiederverwendet, andernfalls entsorgt. Durch das Reissen werden die Fasern verkürzt. Sind die Fasern noch ausreichend lang, können sie zu Garnen weiterverarbeitet werden, die für die Herstellung neuer Textilien verwendet werden können. Zahlen zu den Mengen recycelter Garne sind nicht

² <https://trexproject.eu/>

verfügbar. Häufig werden dabei Fasern aus primären Materialien beigemischt, um eine hohe Qualität sicherzustellen.

Wenn heute Fasern aus den Alttextilien zu neuen Garnen verarbeitet und neue Stoffe gewebt werden, werden diese oft in anderen Sektoren verwendet und weisen eine geringere Qualität auf als die ursprünglichen Produkte. Bei weniger als 1 % der gesammelten Menge werden die Fasern in hochwertige Fasern verarbeitet, welche wiederum zu Kleidern oder Heimtextilien verarbeitet werden können (McKinsey & Company, 2022).

Baumwolle kann heutzutage schon mit dem Faser-zu-Faser Recycling verwertet werden. Dabei werden hauptsächlich Produktions- und Industrieabfälle verwendet, bei denen die Faserzusammensetzung bekannt ist. Diese Art des Recyclings wird von der Firma Säntis Textiles oder der Firma Recover angeboten. Sie ermöglicht eine Wiederverwendung von Baumwollmaterialien und reduziert den Bedarf an neuen Rohstoffen (Säntis Textiles, 2023; Recover, 2023).

Noch älter als das Baumwollrecycling ist das Wollrecycling. Diese Technologie existiert seit dem 19. Jahrhundert und funktioniert ähnlich wie das Baumwollrecycling. Dabei werden Alttextilien aus Wolle nach Farben sortiert, aufgetrennt und zu neuen Garnen gesponnen (Manteco, 2023; Geetanjali, 2023).

Wenn die Ausgangsstoffe sehr eng gewebt wurden, wie zum Beispiel bei Bettwäsche, gehen beim Reißen die Fasern kaputt und können nicht neu gesponnen werden, wodurch ein Faser-zu-Faser Recycling nicht möglich ist. Die verkürzten Fasern werden oft zu Vliesstoffen und Dämmmaterial verarbeitet (Piribauer & Bartl, 2019). Vliesstoffe und Dämmmaterial werden in der Regel ihrerseits nach dem Gebrauch entsorgt, da ein erneutes Recycling nicht möglich ist respektive zu aufwändig wäre.

Für andere Stoffarten ist ein vergleichbares Faser-zu-Faser-Recycling noch nicht verfügbar. Bestimmte Eigenschaften der Textilzusammensetzung oder der Herstellungsart verhindern dies. Zum Beispiel können Textilien, die einen gewissen Anteil an Elasthan enthalten, nicht mehr für ein qualitativ hochwertiges Recycling gerissen werden. Zudem ist das Faser-zu-Faser Recycling häufig ökonomisch nicht attraktiv. Der Prozess ist zu teuer und die Nachfrage nach recycelten Fasern zu gering. Es ist jedoch anzunehmen, dass in Zukunft die Nachfrage nach recycelten Fasern und den daraus gesponnenen Garnen zunehmen wird.

Es existieren diverse Barrieren, die das mechanisches Recycling von Alttextilien erschweren oder sogar verhindern können. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die wichtigsten.

Tabelle 1: Die wichtigsten Barrieren für mechanisches Recycling von Alttextilien.

Barriere	Begründung	Weitere Kommentare
Sortierqualität	Falschen Materialeinschätzungen.	
Zu kleine, beschädigte Textilien	Textilien brauchen eine gewisse Grösse, um weiterverarbeitet werden zu können. Zu stark beschädigte (z. B. zerrissene oder löchrige) oder zu kleine Stoffreste können nicht gerissen werden.	
Fehlende Informationen über Textilzusammensetzung	Etikett verfügt über Informationen zur Textilzusammensetzung, welche teils nicht korrekt sind. Zudem sind rund 50% der Etiketten nicht mehr lesbar oder wurden abgeschnitten.	Neue Methoden, wie die NIR ³ Technologie, können die Stoffzusammensetzung der Oberfläche bestimmen. Gewobene oder zweilagige Stoffe können allerdings damit noch nicht zuverlässig analysiert werden.
Fehlendes Geschäftsmodell	Putzlappen sind ein sehr gut funktionierendes Geschäftsmodell. Deshalb ist das Interesse, Stoffe stattdessen zu recyceln, begrenzt.	Recycling ist in den meisten Fällen noch zu teuer, um wirtschaftlich attraktiv zu sein. Von Interviewpartnerinnen und -partnern wird jedoch geschätzt, dass die Preise sinken werden.
Materialansprüche von Recyclingfirmen	Recyclingfirmen haben «Feedstock Specifications», welche genau angeben, welche Art von Stoffen mit welcher Stoffzusammensetzung benötigt werden. Am meisten nachgefragt wird weisse Baumwolle. Andere Materialien werden noch sehr wenig nachgefragt.	
Mischmaterialien	Für ein effizientes Recycling braucht es Textilien, welche nur aus einem Materialtyp bestehen oder bei welchen die verschiedenen Materialien einfach getrennt werden können.	Gemäss Stichproben sind rund 2/3 der gesammelten Alttextilien aus einem einzigen Material oder aus einfach trennbaren Materialien, während 1/3 aus Mischmaterialien besteht, welche das Recycling erschweren (Fashion for Good, 2022).
Störelemente	Sogenannte Störelemente wie z. B. Knöpfe, Reissverschlüsse und Aufdrucke stören den Recyclingprozess, indem sie Textilien verunreinigen. Einige davon können während dem Reissen entfernt werden. Manche, wie z. B. Aufdrucke, müssen vorgängig von Hand entfernt werden.	Gemäss Stichproben enthält rund 1/3 der gesammelten Alttextilien keine Störelemente, rund 1/5 enthält welche, die entfernt werden können, und rund die Hälfte enthält nicht entfernbare Störelemente (Fashion for Good, 2022).

6.2.2. Chemisches Recycling

Für Stoffe, die nicht mechanisch recycelt werden können, stellt das chemische Recycling eine Alternative dar. Hierbei werden mit Chemikalien die Ausgangsstoffe depolymerisiert, die Struktur des ursprünglichen Polymers verändert oder chemische Verbindungen aufgespalten (Bifa, 2023). Durch dieses Verfahren können Fasern hergestellt werden, welche vergleichbare Qualitäten aufweisen wie primäre Materialien (Juanga-Labayen, Labayen, & Yuan, 2022). Dabei werden für verschiedene Materialien unterschiedliche Verfahren benötigt. Die meisten Verfahren sind noch in der Testphase und somit auch noch nicht marktfähig. Dadurch sind die ökologischen Auswirkungen der chemischen Recyclingprozesse noch nicht ausreichend untersucht. Die Menge an Alttextilien, welche jährlich chemisch recycelt wird, ist nicht bekannt.

Mit dem chemischen Recycling können derzeit noch nicht alle Materialien verwertet werden. Auch müssen die Eingangsstoffe aus wenigen verschiedenen Materialarten bestehen, was das Recycling vieler Produkte erschwert. Dies ist auch problematisch, da beim Sortieren oft Fehleinschätzungen bezüglich der Materialbeschaffenheit gemacht werden. Ein weiteres Problem des chemischen Recyclings sind die hohen Kosten.

Polyester ist das Material, welches heute am besten chemisch recycelt werden kann, da es ohne signifikante Qualitätseinbußen relativ einfach chemisch von anderen Materialien getrennt und geschmolzen und in weitere thermoplastische Materialien verarbeitet werden kann (Juanga-Labayen, Labayen, & Yuan, 2022). Für naturbasierte Materialien wie Wolle und Baumwolle sind die chemischen Recyclingtechnologien noch nicht vollständig ausgereift (Köhler, et al., 2021).

Da die Nachfrage nach recycelten Materialien zunimmt, werden sich diese Verfahren wohl weiter verbessern, sowohl ökologisch als auch ökonomisch. Es wird prognostiziert, dass chemisches Recycling in naher Zukunft weitere Materialien, Materialmischungen und Materialien, die durch Störstoffe kontaminiert sind, verwerten kann. Die Qualität der Eingangsstoffe ist dadurch beim chemischen Recycling weniger entscheidend als beim mechanischen, was angesichts der abnehmenden Qualität der gesammelten Alttextilien ein wichtiger Punkt ist.

Eine bereits verfügbare Form des chemischen Recyclings wird durch die Firma Worn Again angewendet (Sulzer, 2023) (Worn Again, 2023). Dieses Verfahren nutzt spezifische Chemikalien, um aus Alttextilien aus Polyester und Baumwolle neuwertige Polyester und Zellulose herzustellen (Worn Again, 2023). Viele der Interviewpartnerinnen und -partner gehen davon aus, dass diese Technologie einen erheblichen Teil der in der Schweiz gesammelten Alttextilien verwerten könnte, sobald die notwendigen Kapazitäten verfügbar sind. Weitere Anbieter von chemischem Recycling sind CuRE (CuRE, 2023), der sich auf das Recycling von Polyester konzentriert sowie Infinited Fiber (Infinited Fiber, 2023), welcher Baumwollabfälle mit einem Baumwollanteil von mindestens 88% verarbeiten kann.

6.2.3. Thermochemisches Recycling

Thermochemisches Recycling verfolgt ein ähnliches Prinzip wie chemisches Recycling (Rittfors, 2020). Der Hauptunterschied ist, dass die Chemikalien bei höheren Temperaturen beigefügt werden, was die Auftrennung von stärkeren chemischen Verbindungen erlaubt.

³ NIR: Nahinfrarot Technologie: physikalische Methode zur zerstörungsfreien Bestimmung organischer Molekülverbindungen. Durch die Reflektion der NIR-Strahlung können Informationen über die molekulare Zusammensetzung der analysierten Stoffe gewonnen werden (Analyticon, 2023).

Nach der Auftrennung der Verbindungen können die Monomere neu zusammengesetzt werden. Dieser Prozess wird hauptsächlich für synthetische Stoffe verwendet. Momentan ist diese Technologie noch in einem frühen Entwicklungsstadium und erfordert die Behandlung von reinen Materialien. Es wird jedoch erwartet, dass vermehrt auch Mischmaterialien damit recycelt werden können.

Eine Firma, welche bereits thermochemisches Recycling betreibt, ist BASF (BASF, 2023). Sie recyceln kunststoffbasierte Abfälle verschiedener Produkte, einschliesslich Textilien, und stellen neue Kunststoffe her.

6.3. Übersicht der Verwendungsarten

Für die unterschiedlichen Materialzusammensetzungen gibt es verschiedene Verwertungsarten, welche am besten für die jeweiligen Materialien geeignet sind. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die momentan angewendeten Verwertungsarten, deren Funktionsweise sowie deren Stärken und Schwächen.

Tabelle 2: Übersicht über die Arten von Textilrecycling, deren Funktionsweise sowie ihre Stärken und Schwächen, geordnet nach Priorität (Fashion for Good, 2022; Piribauer & Bartl, 2019)

Art des Recyclings	Funktionsweise	Output	Stärken & Schwächen
Zuschneiden	Grosse, saugfähige Stoffe werden für den weiteren Gebrauch zugeschnitten.	Putzlappen.	<ul style="list-style-type: none"> + Einfach machbar und nicht aufwändig + Gut funktionierendes Geschäftsmodell - Nur für spezifische Inputstoffe von einer gewissen Grösse möglich
Reissen (lockere Stoffe)	Stoffe werden aufgerissen, wobei Fasern erhalten bleiben. Meistens werden die Fasern durch das Reissen gekürzt.	Neue Garne für neue Textilien.	<ul style="list-style-type: none"> + Hochwertige Produkte können daraus hergestellt werden, auch geschlossener Kreislauf möglich + Ausgereifter Markt + Können mit primären Fasern gemischt werden - Verlangt normalerweise unifarbene Alttextilien als Input - Verkürzung der Fasern
Reissen (enge Fasern)	Stoffe werden aufgerissen, wobei Fasern zerstört werden.	Dämmmaterial, Putzlappen, Vlies.	<ul style="list-style-type: none"> + Möglich für die Mehrheit aller Stoffe, erlaubt meist auch mehrfarbige Stoffe - Minderwertige Produkte werden daraus hergestellt
Chemisch	Unter Einsatz von Chemikalien werden Stoffe depolymerisiert, das Grundgerüst des Ursprungspolymeres wird verändert oder chemische Verbindungen werden zerlegt.	Einzelne Polymere, die neu zusammengesetzt werden können.	<ul style="list-style-type: none"> + Erlaubt oftmals die Verarbeitung verschmutzter Alttextilien + Für mehrfarbige Stoffe geeignet + Hochwertiges Recycling mit einem geschlossenen Kreislauf möglich - Kommerziell noch nicht verfügbar - Energieintensiv - Einsatz von Chemikalien nötig
Thermo-chemisch	Monomerrecycling, bei welchem vorwiegend synthetische Stoffe mit Hitze und Druck in Monomere aufgeteilt werden, welche dann neu zusammengesetzt werden können.	Monomere, welche zu hauptsächlich synthetischen Materialien verarbeitet werden können.	<ul style="list-style-type: none"> + Erlaubt hochwertiges Recycling von komplexen Stoffen und hat Potenzial für einen geschlossenen Kreislauf - In grossen Anlagen noch begrenzt verfügbar - Energieintensiv - Einsatz von Chemikalien nötig - Reinheitsanforderungen momentan hoch
Thermische Verwertung	Verbrennung von Stoffen in KVA	Hitze, welche durch Verbrennung entsteht.	<ul style="list-style-type: none"> + Für sämtliche Produkte möglich + Energierückgewinnung bei Verbrennung - Rohstoffe gehen komplett verloren - Entstehung von Treibhausgasemissionen

7. Entsorgung in der Kehrichtverbrennung

Nicht alle Alttextilien werden in der Schweiz separat gesammelt. Ein Teil wird über den normalen Haushaltskehrich entsorgt. Dieser Teil enthält Alttextilien, welche gemäss Vorgaben der Sammelorganisationen nicht in den Altkleidersack gehören, sowie Alttextilien, welche gesammelt werden könnten, jedoch nicht separat entsorgt werden. Der genaue Anteil dieser zwei Gruppen von im Haushaltskehrich entsorgten Alttextilien ist nicht bekannt. Gemäss der neusten Kehrichtsackanalyse beträgt die Menge entsorgter Alttextilien im Haushaltskehrich 4.1 kg Alttextilien pro Person pro Jahr, was etwa 36'700 Tonnen für die Schweiz ausmacht (BAFU, 2023). Rechnet man die rund 7 kg separat gesammelter Alttextilien pro Person hinzu, ergibt dies total rund 11 kg. Schätzungen (aufgrund von monetären Importdaten des Bundesamts für Zoll und Grenzsicherheit (BAZG)) gehen davon aus, dass die Schweiz jährlich 22 kg Textilien pro Person importiert (Swissinfo.ch, 2023). Was mit den restlichen 11 kg Textilien, die weder separat gesammelt noch via Haushaltskehrich entsorgt werden, passiert, ist fraglich. Ein Teil davon könnte durch Retouren von Onlineeinkäufen, welche wieder exportiert werden, erklärt werden. Ein weiterer Teil befindet sich in Gebrauch oder wird in Haushalten gelagert.

8. Herausforderungen und Datenlücken

8.1. Aktuelle Herausforderungen des Schweizer Alttextilmarkts

Aus Sicht der Interviewpartnerinnen und -partnern funktioniert der Alttextilmarkt in der Schweiz. Die Sammlung und die Zusammenarbeit mit ausländischen Sortierern sei gut. Es bestehen jedoch Herausforderungen im Wandel zu einem zirkulären System. Zusätzlich gibt es externe Entwicklungen, welche die Akteurinnen und Akteure nicht selber beeinflussen können und potenziell ein Risiko für sie darstellen können. Dies betrifft zum Beispiel neue Regulierungen oder konjunkturelle Entwicklungen.

Tabelle 3 zeigt die wichtigsten Herausforderungen des Schweizer Alttextilmarkts und erklärt die Folgen für die betroffenen Akteurinnen und Akteure bei der Sortierung, beim Weiterverkauf sowie beim Recycling.

Tabelle 3: Übersicht über die wichtigsten aktuellen Herausforderungen im Schweizer Alttextilmarkt, geordnet nach Herausforderungen für die Sortierung, für den Weiterverkauf sowie für das Recycling.

Aktuelle Herausforderung	Erklärung
Erhöhung der Sammelquote	Aktuell liegt die Sammelquote bei rund 60%. Für einen zunehmend zirkulären Textilsektor braucht es eine Steigerung der Sammelquote. Dies setzt jedoch voraus, dass eine grössere Varietät von Alttextilien verarbeitet werden kann und die Kapazitäten aller Verarbeitungsarten erhöht werden.
Für Sortierung	
Aufwändige Sortierung	Teure Hand-Sortierung, da verlässliche, effiziente Automatisierung noch nicht vorhanden ist. Dies führt zu Fehlern in der Sortierung. Sortierung ist ins Ausland ausgelagert.
Fehlende Produktinformation	Fehlende Informationen über Produktzusammensetzung für Sortierer und Recycler (unleserliche, fehlende Etiketten, fehlerhafte Angaben). Dies behindert adäquates Recycling.
Für den Weiterverkauf	
Sinkende Qualität	Verkaufte Textilprodukte haben zunehmend eine schlechte Qualität, was sich auf die Qualitäten in der Alttextilsammlung auswirkt. Dieses Geschäftsmodell steht unter Druck, weil der Verkaufserlös von Qualitätstextilien die Tätigkeiten der Sammelorganisationen finanziert.
Für das Recycling	
Sinkender Anteil an Wolle und Baumwolle	Baumwolle und Wolle werden weniger in der Textilproduktion eingesetzt. Diese Materialien könnten aber am einfachsten mechanisch recycelt werden. Mit momentanen Recyclingtechnologien nimmt dadurch der Anteil gut recycelbarer Produkte ab.
Steigende Alttextilmenge	Textilkonsum nimmt zu und führt zu mehr Alttextilien. Geplante neue EU-Direktive (Waste Framework directive) zur Separatsammlung ab 2025 und erweiterten Produzentenverantwortung führt zusätzlich zu steigender Menge an Alttextilien auf dem europäischen Markt. Sinkende Preise für Alttextilien werden erwartet und setzen Sammelorganisationen unter Druck.
Möglichkeiten des Recyclings	Die heutigen Technologien haben hohe Anforderungen an Stoffe, um recycelt werden zu können, insbesondere bzgl. Materialmischungen. Viele Ressourcen gehen verloren, weil Mischmaterialien nicht recycelt werden können.
Teure Recyclingtechnologien	Viele Technologien sind noch im Anfangsstadium ihrer Entwicklung und brauchen noch ein paar Jahre, bis sie marktfähig und preislich interessant sind. Eine weniger hochwertige Verwertung der Stoffe wird somit aus Kostengründen oft bevorzugt.
Konkurrenz durch Recycling-Kunststoff aus anderen Quellen	Recycelte PET-Getränkeflaschen werden teilweise für die Produktion von Textilien eingesetzt. ⁴ Aus ökologischer Sicht ist es nicht sinnvoll, PET-Getränkeflaschen dem «closed-loop-recycling» zu entziehen. Durch die Nutzung und Bewerbung für die Verwendung von rPET in Textilien sinkt der Anreiz für Investitionen in Technologien und Infrastrukturen, um Textilien zirkulär zu verwerten.

Viele Akteurinnen und Akteure erwarten, dass viele dieser Herausforderungen in Zukunft abnehmen werden. Einerseits werden diverse Technologiefortschritte erwartet und andererseits werden in der EU klarere Rahmenbedingungen geschaffen. Die Nachhaltigkeit in der Textilindustrie gewinnt an Bedeutung und somit werden vermehrt personelle Ressourcen und Investitionen in die nötigen Technologien und Infrastrukturen getätigt. Dabei sind auch neue Herausforderungen zu erwarten, welche den gesamten Markt verändern können. Diese beinhalten zum Beispiel die sinkende Kaufkraft durch allgemeine Kostensteigerungen und Energiekostensteigerungen für Recycler.

8.2. Schliessen von Datenlücken

Während der Durchführung dieser Studie wurden verschiedene Datenlücken identifiziert, die eine umfassende Beantwortung aller anfänglich gestellten Fragen erschweren.

Tabelle 3 zeigt die Qualität der Datenlage in den untersuchten Bereichen. Alle Prozesse, welche in der Schweiz durchgeführt werden, wie zum Beispiel die Sammlung, sind gut dokumentiert. Für die Prozessschritte danach gibt es wenig Daten. Eine Möglichkeit wäre, die Sortierung in der Schweiz vorzunehmen oder Regelungen schaffen für mehr Transparenz in den Lieferketten.

⁴ Gemäss Zahlen der Industrievereinigung Kunststoff flossen 2021 in Deutschland 11 Prozent des recycierten PET in die Produktion von Textilfasern (kunststoffverpackungen.de, 2023).

Tabelle 4: Beschreibung der Datenlage in der Schweiz für die vier untersuchten Bereiche.

Bereich	Datenlage
Sammlung	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Datenqualität (Primärdaten von Sammelorganisationen).
Zusammensetzung Textilsammlung	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Daten für Kategorien, welche Sammelorganisationen erheben (wie zum Beispiel Qualität der gesammelten Alttextilien). • Für die Stoffzusammensetzung gibt es nur Stichproben und Sekundärliteratur (v.a. Fashion for Good Studie).
Vorbereitung zur Wiederverwendung, stoffliche Verwertung	<ul style="list-style-type: none"> • Sammelorganisationen können nicht nachverfolgen, was mit Alttextilien nach der Sortierung passiert. • Anteil, welcher in Secondhand Läden verkauft wird, ist teils bekannt, will aber oft nicht veröffentlicht werden. • Für Wiederverwendungswege und Mengenangaben zu den verschiedenen Arten von stofflicher Verwertung gibt es nur Sekundärliteratur auf Europäischer Ebene (v.a. Fashion for Good Studie). • Sammelorganisationen wissen, welcher Anteil an Recyclingbetriebe verkauft wird, jedoch nicht, wie diese genau recycelt werden und welche Produkte daraus hergestellt werden.
Bestimmungsorte	<ul style="list-style-type: none"> • Sammelorganisationen wissen nur, welcher Anteil an welche Zwischenhändler verkauft wird. Wohin die Ware anschliessend verkauft wird, ist unbekannt. • Entsorgung der Alttextilien kann in Europa relativ gut beschrieben werden basierend auf statistischen Daten. In Ländern ausserhalb Europas ist die Datenlage sehr schlecht.

9. Entwicklungen in der EU

Das Ziel der Europäischen Kommission ist eine umweltverträgliche und wettbewerbsfähige Textilbranche. Im März 2022 legte die EU-Kommission eine Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien vor. Die Strategie soll bis 2030 umgesetzt sein. Zu diesem Zweck werden verschiedene Legislativprojekte aktuell im Trialog der EU-Institutionen diskutiert und sollen gemäss Arbeitsplanung Anfang 2024 verabschiedet werden.

Der Europäische Rat und das Europäische Parlament einigten sich auf eine revidierte Ökodesign-Verordnung für Anforderungen an die Gestaltung von Produkten (Wissensstand Dezember 2023).⁵ Die EU-Kommission soll durch delegierte Rechtsakte produktspezifische Anforderungen vorschlagen können, wobei Textilien explizit als Beispiel genannt werden. Unter anderem soll ein «digitaler Produktpass» Informationen über die ökologische Nachhaltigkeit von Produkten liefern und auch das Recycling erleichtern. Weiter soll ein Verbot der Vernichtung von ungetragenen Textilien und Schuhen eingeführt werden und Online-Handelsplattformen in die Marktüberwachung eingebunden werden. Kleine und Kleinstunternehmen sind von diesem Verbot ausgenommen, während für mittlere Unternehmen eine sechsjährige Ausnahmeregelung gelten soll.

Darüber hinaus wird die EU-Abfalldirektive revidiert. Der Vorschlag der EU-Kommission geht dahin, dass Alttextilien ab 2025 separat gesammelt werden müssen. Zu diesem Zweck müssen die EU-Mitgliedstaaten die Einführung einer erweiterten Produzentenverantwortung für Textilien sicherstellen. Weiter sollen Informationen bereitgestellt werden u. a. zur Wiederverwendung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling und Entsorgung. Der Export von qualitativ schlechten Textilien, die im Ausland entsorgt werden müssten, soll u. a. durch Kontrollen erschwert werden.

Gewisse Vorgaben zur Beschaffenheit von Textilien werden auch für den Schweizer Markt Wirkung entfalten, da davon auszugehen ist, dass die meisten Importeure die Schweiz und andere EU-Länder nicht unterscheiden. Andere Vorgaben sind keine Selbstläufer, wie z.B. die Erhöhung der Sammelquote, eine erweiterte Produzentenverantwortung oder die Vermeidung des Exports von Textilabfällen. Die EU-Vorgaben werden Auswirkungen auf die Mengen und Preise von Alttextilien haben sowie auch auf die Sortier- und Recycling-Infrastruktur in Europa.

⁵ Europäischer Rat (2023): Produkte für den grünen Wandel: Rat und Parlament erzielen vorläufige Einigung über die Ökodesign-Verordnung, <https://www.consilium.europa.eu/de> > Startseite Presse > Pressemitteilungen > 5. Dezember 2023

10. Ausblick

Der Textil- und Alttextilsektor befindet sich in einem starken Wandel. Es stehen Entwicklungen an, die die Möglichkeiten und Prioritäten der verschiedenen Verwertungsarten verändern werden.

Das Bewusstsein der negativen Auswirkungen der Fast-Fashion steigt in der Bevölkerung und die Notwendigkeit einer kreislauffähigeren Textilbranche wird von vielen Akteurinnen und Akteuren anerkannt. Sustainable Textiles Switzerland 2030 hat sich zum Ziel gesetzt, einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Nachhaltigen Entwicklungsziele im Schweizer Textil- und Bekleidungssektor entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu leisten.

Während aktuell das «Faser-zu-Faser-Recycling» eine Hürde darstellt und nur wenige Textilien recycelt werden, sind viele Technologien in Entwicklung und werden in den nächsten Jahren neue Möglichkeiten eröffnen. Schliesslich entwickeln sich die Rahmenbedingungen in der EU weiter mit einer Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien sowie verschiedenen aktuell revidierten Gesetzgebungen. Diese Entwicklungen sollten von der Schweiz eng verfolgt werden.

11. Referenzen

- Analyticon. (28. November 2023). *NIR erklärt - Mit Nahinfrarot organische Substanzen analysieren*. Von <https://www.analyticon.eu/de/nir.html> abgerufen
- BASF. (2023). *ChemCycling*. Von <https://www.basf.com/global/en/who-we-are/sustainability/we-drive-sustainable-solutions/circular-economy/mass-balance-approach/chemcycling.html> abgerufen
- BAFU. (2022). *Abfallmengen und Recycling 2021 im Überblick*. Abgerufen am October 2023 von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/zustand/daten.html>
- BAFU. (2022). *Altkleider in der Schweiz 2021*.
- BAFU. (2023). *Abfallwirtschaft, Abfallvermeidung, Abfallplanung, Messung*. Bern.
- BAFU. (2023). *Bericht zur Erhebung der Kehrriechtsackzusammensetzung 2022*.
- BGBM. (2021. January 2021). *Binnenmarktgesetz*.
- Bifa. (2023). *Ökonomische Potenziale des Textilrecyclings und der Wasserstoffherzeugung aus Textilabfällen in Bayern*.
- CuRE. (2023). *Polyester Rejuvenation*. Von <https://curetechnology.com/how-it-works/> abgerufen
- EEA. (2023). *EU exports of used textiles in Europe's circular economy*.
- Eurostat. (2023). *Municipal Waste Statistics*. Von https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_treatment abgerufen
- Fashion for Good. (2022). *Sorting for Circularity – An evaluation and commercial assessment of textile waste across Europe and Interviews*.
- Infinited Fiber. (2023). *Groundbreaking textile-to-textile recycling technology for true circularity*. Von <https://infinitedfiber.com/our-technology/> abgerufen
- Geetanjali. (2023). *Manufacturer of Woollen Products*. Von <https://www.geetanjaliwoollens.com/company-profile.html> abgerufen
- Juanga-Labayen, Labayen, & Yuan. (2022). *A Review on Textile Recycling Practices and Challenges*.
- Köhler, Watson, Trzepacz, Löw, Liu, Danneck, . . . Faraca. (2021). *Circular Economy Perspectives in the EU Textile sector*. Von <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC125110> abgerufen
- kunststoffverpackungen.de. (06. December 2023). Von <https://newsroom.kunststoffverpackungen.de/2023/03/28/einsatz-von-rpet-in-pet-getraenkeflaschen-steigt-auf-448-prozent/#:~:text=Recyceltes%20PET%20wurde%20im%20Jahr,Isabell%20Schmidt> abgerufen
- Manteco. (2023). *How is a recycled wool fabric made?* Von <https://manteco.com/how-is-a-recycled-wool-fabric-made/> abgerufen

- McKinsey & Company. (2022). *Scaling textile recycling in Europe – turning waste into value*. Abgerufen am October 2023 von <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value>
- Norion, & EuRIC Textiles . (2023). *LCA-based assessment of the management of European used textiles*.
- Piribauer, & Bartl. (2019). *Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review*;
- pwc. (2023). *Secondhand auf Wachstumspfad - Trends und Treiber*. Von <https://www.pwc.de/de/handel-und-konsumguter/pwc-secondhand-auf-wachstumspfad-trends-und-treiber.pdf> abgerufen
- Recover. (2023). *RCotton*. Von <https://recoverfiber.com/products#list> abgerufen
- Rittfors, J. (2020). *Thermochemical textile recycling*.
- Säntis Textiles. (2023). *RCO100 100% Recycled Cotton*. Von <https://www.saentis-textiles.com/rco100/> abgerufen
- Sulzer. (2023). *Bahnbrechende Technologie für Textil-Recycling*. Von www.sulzer.com/de-ch/germany/shared/stories/groundbreaking-textile-recycling-technology abgerufen
- Swissinfo.ch. (2023). *Why Switzerland is struggling to ditch fast fashion*. Von <https://www.swissinfo.ch/eng/sci-tech/why-switzerland-is-struggling-to-ditch-fast-fashion/48452620> abgerufen
- USG. (01. January 2022). Umweltschutzgesetz.
- VVEA. (2023). Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen.
- Worn Again. (2023). *Technology*. Von <https://wornagain.co.uk/about-us/#technology> abgerufen