

Sekundärrohstoffe für die österreichische Textilindustrie

Kurzstudie mit Handlungsempfehlungen für die österreichische FTI-Politik

M. Feldbaumer,
K. Granzer-Sudra,
E. Ganglberger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

4/2023

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe
unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

Sekundärrohstoffe für die österreichische Textilindustrie

Kurzstudie mit Handlungsempfehlungen für die
österreichische FTI-Politik

DI Marcus Feldbaumer, Mag.^a Karin Granzer-Sudra,
Dr.ⁱⁿ Erika Ganglberger
Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT)

Wien, Dezember 2022

Ein Projektbericht im Rahmen der Schriftenreihe Nachhaltig Wirtschaften,
Berichte aus Energie- und Umweltforschung.

Das Projekt wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz,
Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) durchgeführt.

Vorbemerkung

Das 21. Jahrhundert stellt die Menschheit vor enorme Herausforderungen. Klimakrise, Umweltverschmutzung, die Zerstörung von Ökosystemen und der damit einhergehende Biodiversitätsverlust sowie die zunehmende Verknappung endlicher Ressourcen zeigen die Grenzen linearen Wirtschaftens auf und machen ein Umdenken notwendig. Nachhaltigen Wirtschaftskonzepten, wie jenen der Kreislaufwirtschaft oder der Bioökonomie, wird zur Lösung der genannten Herausforderungen eine entscheidende Rolle zugesprochen.

In einer kreislauforientierten Wirtschaft etwa werden Rohstoffe sowie die daraus produzierten Güter möglichst ressourcenschonend hergestellt, die Lebensdauer der Erzeugnisse prolongiert sowie deren Nutzung intensiviert, um so Energie- und Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen und Schadstoffausstoß auf ein Minimum zu reduzieren. Erst wenn Produkte nicht mehr anderweitige Verwendung finden, werden diese dem Abfallstrom zugeführt, um daraus durch Recycling Sekundärrohstoffe zu gewinnen. Jene Abfälle, die sich – z.B. aufgrund ihres Schadstoffgehalts – nicht zur stofflichen Verwertung eignen, können unter anderem energetisch genutzt werden.

In Ergänzung dazu steht die Bioökonomie – ein Konzept, das in möglichst allen Bereichen und Anwendungen fossile Ressourcen durch nachwachsende Rohstoffe ersetzen soll. Aber auch biogene Ressourcen sind nicht unbegrenzt verfügbar. Daher ist es sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen notwendig, Biomasse möglichst vollständig zu verwerten, beziehungsweise Konzepte zu entwickeln, die eine ressourceneffiziente Nutzung berücksichtigen und höhere Wertschöpfung erzielen. Zugleich soll auch hier eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft unterstützt werden, welche – neben der kaskadischen Nutzung – auf die Rückführung von biogenem Material in den Produktionskreislauf, die Verwertung von Reststoffen und eine vollständige Schließung des Kohlenstoffkreislaufs abzielt.

Für eine Transformation unseres linearen Wirtschaftssystems hin zur Kreislaufwirtschaft sind neue technologische Ansätze, innovative Geschäftsmodelle, systemisches interdisziplinäres Denken, enge Vernetzung der Akteure und verbessertes Informationsmanagement notwendig.

Um diese Umgestaltung zu unterstützen, fördert das Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) gezielt angewandte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Schwerpunkt Kreislaufwirtschaft, mit dem Ziel Innovationen anzustoßen und die langfristige Wettbewerbsfähigkeit des österreichischen Wirtschaftsstandorts zu stärken.

Der vorliegende Bericht dokumentiert in umfassender Weise die Ergebnisse eines F&E-Projektes, gefördert im Rahmen der FTI Initiative Kreislaufwirtschaft der Sektion Innovation

und Technologie im BMK. Unsere Motivation ist es, kontinuierlich Ergebnisse geförderter Projekte zentral, themenübergreifend und öffentlich zugänglich zu machen. Damit wollen wir einen Anstoß zur Lösung unserer großen gesellschaftlichen Herausforderungen geben und folgen dem Ziel des BMK, unter der Initiative „open4innovation“ (www.open4innovation.at) die Basis für Vernetzung und für die Gestaltung von Neuem zu schaffen.

René ALBERT

Koordinator des FTI-Schwerpunktes Kreislaufwirtschaft

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
(BMK)

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Kurzfassung | 6 |
| 2 | Abstract | 9 |
| 3 | Einleitung | 11 |
| 4 | Untersuchungsgegenstand und Ziele der Studie | 14 |
| 5 | Methode | 15 |
| 5.1. | Einblick in die österreichische Textilindustrie – statistische Daten | 15 |
| 5.2. | Betrachtete Abteilungen NACE-Klassifikation | 16 |
| 5.3. | Good Practice-Beispiele | 16 |
| 5.4. | Stakeholdereinbindung..... | 17 |
| 6 | Die Textile Wertschöpfungskette in Österreich | 18 |
| 6.1. | Die Prozesse in der textilen Kette | 18 |
| 6.2. | Die österreichische Textil- und Bekleidungsindustrie..... | 20 |
| 6.2.1. | Unternehmen, Umsatz und Mitarbeiter:innen | 21 |
| 6.2.2. | Importe, Exporte..... | 23 |
| 6.3. | Wichtige Akteur:innen der österreichischen Textil- und Bekleidungsindustrie | 24 |
| 6.3.1. | Erzeugung von Chemiefasern | 24 |
| 6.3.2. | Garne | 25 |
| 6.3.3. | Stoffe | 26 |
| 6.3.4. | Heimtextilien | 27 |
| 6.3.5. | Technische Textilien | 28 |
| 6.3.6. | Bekleidung und Accessoires | 29 |
| 6.4. | Konsumausgaben in Österreich für Bekleidung..... | 30 |
| 6.5. | Aufkommen und Behandlung von Textilabfällen | 31 |
| 6.6. | Sammlung | 32 |
| 6.7. | Sortierung und Verwertung der textilen Abfälle | 32 |
| 6.8. | Bestimmungsfaktoren der stofflichen Verwertung von Alttextilien..... | 34 |
| 6.9. | Optionen der stofflichen Verwertung von Alltextilien | 35 |
| 6.9.1. | Mechanisches Recycling | 36 |
| 6.9.2. | Rohstoffliches Recycling | 37 |
| 7 | Good Practices für textile Kreisläufe | 39 |
| 8 | Herausforderungen und Potenziale für den Einsatz von Sekundärfasern in Österreich 50 | |
| 8.1. | Online- Umfrage: Sekundärrohstoffe in der Textilindustrie | 50 |
| 8.1.1. | Rohstoffeinsatz und Post- Industrial Waste | 51 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 8.1.2. | Forcierung des Einsatzes von Sekundärmaterialien in den Unternehmen | 52 |
| 8.1.3. | Forschungsbedarf | 53 |
| 8.2. | Herausforderungen und Lösungsansätze | 54 |
| 8.2.1. | Ökologische Potenziale des Faser-zu-Faser Recyclings | 57 |
| 8.2.2. | Ökonomische Aspekte | 59 |
| 9 | Handlungsempfehlungen für die FTI-Politik | 61 |
| 10 | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen | 62 |
| 11 | Verzeichnisse | 65 |

1 Kurzfassung

Ausgangssituation

Die globalen Produktionsmengen der Textilindustrie steigen seit zwei Jahrzehnten rasant und damit auch die Mengen an textilem Abfall. In Österreich werden rund 77 % der textilen Abfälle energetisch verwertet. Ab 2025 müssen laut Vorgabe der Europäischen Kommission Textilien getrennt gesammelt werden – auch durch die Änderung der Rahmenbedingungen werden die Mengen an getrennt gesammelten Textilien in der EU um rund 60 000 – 90 000 t/a ansteigen (vgl. Köhler et al., 2021 S. 8).

Die Textilindustrie zählt weltweit zu den ältesten Industrien und stellt auch heute noch einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. In der EU arbeiteten 2019 im Textilsektor 1,5 Mio. Menschen in 160.000 Betrieben, die einen Umsatz von 162 Mrd. Euro erwirtschafteten (vgl. Euratex 2020, S. 6).

Auch in Österreich erwirtschaftet der Sektor Textil- und Bekleidungsindustrie trotz rückläufiger Tendenz nach wie vor eine relevante Wertschöpfung und schafft tausende Arbeitsplätze. Österreichische Unternehmen sind dabei entlang der gesamten Wertschöpfungskette vertreten und auf die Produktion von Nischen- und Spezialprodukten fokussiert.

Die überwiegend linear ausgerichtete Textilproduktion ist jedoch auch mit erheblichem Ressourcenverbrauch und negativen Umweltwirkungen (Chemikalieneinsatz, Wasser und Luftverschmutzung, Mikroplastikbelastung) verbunden.

Aufgrund der immer größeren Mengen von anfallenden Alttextilien und der sinkenden Qualitäten, stößt auch die seit Jahren etablierte Sammlung von Alttextilien an ihre Grenzen. Ein großer Anteil der in der EU gesammelten Alttextilien wird für die Sortierung in osteuropäische Länder exportiert und dann für die Wiederverwendung oder das Recycling nach Afrika oder Asien weiterverkauft. Auch die ausländischen Märkte in Afrika und Asien für diese Second-Hand-Textilien sind zunehmend übersättigt.

Die Europäische Kommission veröffentlichte 2015 dazu das sogenannte Kreislaufwirtschaftspaket und initiierte damit wichtige Änderungen der EU-Abfallrahmenrichtlinie, die auch den Umgang mit Textilien betreffen. Im Textilsektor der EU stehen damit in den nächsten Jahren wichtige Weichenstellungen bevor. Ab 2025 sieht die geänderte Abfallrahmenrichtlinie eine verpflichtende getrennte Textilsammlung für alle Mitgliedstaaten vor.

Angesichts der zu erwartenden steigenden Mengen an textilen Abfällen in der getrennten Sammlung sowie der Sättigung der Absatzmärkte für Altkleider, müssen Strategien entwickelt werden, wie mit den steigenden Mengen der in Zukunft gesammelten Textilien umgegangen werden soll.

Untersuchungsgegenstand, Ziele und Methode der Studie

Die vorliegende Studie befasst sich mit den Herausforderungen und Potenzialen für den Einsatz von Sekundärmaterialien in der österreichischen Textilindustrie. Ziel der Studie war es auf Basis einer

breiten Stakeholdereinbindung Herausforderungen und Potenziale zur Etablierung von Kreisläufen in der Textilindustrie mit Fokus auf den Einsatz von Sekundärmaterialien in Österreich zu benennen. Darauf aufbauend wurden Handlungsempfehlungen für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Forcierung der Kreislaufführung formuliert.

Um das Untersuchungsziel zu erreichen, wurden folgenden Fragestellungen bearbeitet:

- Wie sehen die aktuellen Verwertungswege und- mengen von textilen Abfällen in Österreich aus?
- Wo existieren in Europa Good Practices für Kreislaufwirtschaft in der Textilindustrie mit besonderem Fokus auf Recyclingtechnologien?
- Wo liegen Herausforderungen und Potenziale für hochwertiges Recycling und den Einsatz von textilen Sekundärfasern in Österreich?

Die vorliegende Studie liefert einen Einblick in die textile Wertschöpfungskette Österreichs, stellt deren Bedeutung anhand von wirtschaftlichen Kennzahlen dar und benennt wesentliche Akteur:innen. Auf Basis dieser Daten, einer umfassenden Literaturrecherche, einer Good Practice Analyse, Expert:inneninterviews sowie einer Online-Umfrage unter Unternehmen der österreichischen Textilindustrie wurden die wesentlichsten Herausforderungen und Potenziale für den Einsatz von sekundären Textilfasern erarbeitet.

Herausforderungen und Potenziale für den Einsatz von Sekundärrohstoffen

Die Umweltbelastungen, die durch die Bekleidungs- und Textilindustrie entstehen sind hoch. Diese negativen Auswirkungen entstehen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, wobei hier die eingesetzten Faserarten sowie die Nutzungsdauer der Textilien zentrale Treiber sind. Ein hochwertiges Recycling und der Einsatz von textilen Sekundärfasern in der Textilindustrie können die Umweltbelastungen, die durch die Gewinnung von Rohstoffen und der anschließenden Faserherstellung entstehen, verringern. Die Herausforderungen für ein hochwertiges Recycling sind jedoch vielfältig und sind ebenfalls entlang der gesamten Wertschöpfungskette angesiedelt. Wesentliche Herausforderungen, die gelöst werden müssen, um textile Kreisläufe zu forcieren, betreffen unter anderem ein vielfach nicht recyclinggerechtes Design der Textilien, eine unzureichende Kennzeichnung der eingesetzten Fasern oder Chemikalien, die notwendige Verbesserung der derzeitigen Sammlungs- und Sortiersysteme, die Entwicklung von Recyclingtechnologien bzw. das Scale-up bereits entwickelter Technologien vor allem für Mischfasern.

Die Studie des UBA (Bernhardt, 2022) zeigt auf, dass in Österreich aufkommenseitig durchaus Potenzial gegeben ist, den Abfallstrom der textilen Abfälle verstärkt zu nutzen. Auch wird insbesondere in den Bereichen Herstellung von Chemiefasern und Garnen in Österreich Potenzial für den Einsatz von Sekundärrohstoffen gesehen.

Recycling von textilen Abfällen kann einen wesentlichen Beitrag zur Schonung der Rohstoffquellen der Entlastung der Umwelt und nicht zuletzt auch zur Erreichung der Ziele einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft beitragen, in dem die textilen Rohstoffe so lange wie möglich im Kreislauf geführt werden.

Wie Sammlung, Sortierung und anschließende Verwertung der textilen Abfälle in Österreich in Zukunft umgesetzt werden könnte, ist derzeit noch Gegenstand von Diskussionen. Vorliegende

Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten wesentliche Forschungsfelder in diesen Bereichen zu identifizieren.

2 Abstract

Initial situation

The global production volumes of the textile industry have been increasing rapidly for over two decades, and so have the quantities of textile waste. In Austria, about 77% of textile waste is recycled for energy. Since 2025, the European Commission has required that textiles must be collected separately. Also due to the change in the framework conditions, the quantities of separately collected textiles in the EU will increase by around 60 000 - 90 000 t/a

The textile industry is one of the oldest industries in the world and still represents an important economic factor today. In the EU, 1.5 million people worked in the textile sector in 160,000 companies in 2019, which generated a turnover of 162 billion euros (cf. Euratex 2020, p. 6).

Despite a downward trend, the textile and clothing industry continues to generate relevant value and creates thousands of jobs in Austria. Austrian companies are represented along the entire value chain and are focused on the production of niche and special products.

However, the predominantly linear textile production is also associated with considerable resource consumption and negative environmental impacts (use of chemicals, water and air pollution, microplastic pollution). With the growing number of produced textiles, the number of used textiles is also increasing.

Due to the ever-increasing quantities of used textiles and the decreasing qualities, the collection of used textiles, which has been established for years, is also reaching its limits. A large proportion of the used textiles collected in the EU are exported to Eastern European countries for sorting and then resold to Africa or Asia for reuse or recycling. The foreign markets in Africa and Asia for these second-hand textiles are also increasingly oversaturated.

In 2015, the European Commission published the "Circular Economy Package" and initiated important changes to the EU Waste Framework Directive, which also affects the handling of textiles. This means that the EU textile sector will be facing important changes within the next few years. From 2025, the modified Waste Framework Directive calls for mandatory separate textile collection for all Member States.

Considering the expected increasing quantities of textile waste in separate collection as well as the saturation of the sales markets for used clothing, strategies must be developed on how to deal with the increasing quantities of textiles collected in the future.

Object of investigation, objectives and method of the study

This study deals with the challenges and potentials for the use of secondary materials in the Austrian textile industry. The aim of the study was to identify challenges and potentials for establishing cycles in the textile industry with a focus on the use of secondary materials in Austria based on broad stakeholder involvement. Based on this, recommendations for research and development activities were formulated to promote recycling.

To achieve the objective of the study, the following questions were addressed:

- What are the current recycling routes and quantities of textile waste in Austria?
- Where in Europe are good practices for circular economy in the textile industry with a special focus on recycling technologies?
- What are the challenges and potentials for high-quality recycling and the use of textile secondary fibres in Austria?

This study provides an insight into the textile value chain in Austria, presents its importance based on key economic figures and identifies important players. Based on this data, a comprehensive literature research, a good practice analysis, interviews with experts and an online survey among companies in the Austrian textile industry, the most important challenges and potentials for the use of secondary textile fibres were elaborated.

Challenges and potentials for the use of secondary raw materials

The environmental impacts caused by the clothing and textile industry are high. These negative impacts occur along the entire value chain, in which the types of fibres used, and the useful life of the textiles are key drivers. High-quality recycling and the use of textile secondary fibres in the textile industry can reduce the environmental impacts caused by the extraction of raw materials and the subsequent fibre production. However, the challenges for high-quality recycling are diverse and located along the entire value chain. Major challenges that need to be solved to force textile cycles include a design of textiles that is often not suitable for recycling, insufficient labelling of the fibres or chemicals used, the necessary improvement of current collection and sorting systems, the development of recycling technologies or the scale-up of already developed technologies, especially for mixed fibres.

The study by "Umweltbundesamt" (Bernhardt, 2022) shows that there is a potential to make greater use of the textile waste stream in Austria. Potential for the use of secondary raw materials is also seen in particular in the areas of man-made fiber and yarn production in Austria. Recycling textile waste can make a significant contribution to conserving raw material sources, to reduce the environmental impact and to achieve the goals of a sustainable circular economy by keeping textile raw materials in the cycle for as long as possible.

It is still under discussion how the collection, sorting and subsequent recycling of textile waste could be implemented in Austria in the future. This study aims to identify important research fields in these areas.

3 Einleitung

Textilien gehören, wie auch Nahrung und Wohnen, zu den Grundbedürfnissen der Menschen. Die Textilindustrie zählt weltweit zu den ältesten Industrien und stellt auch heute noch einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. In der EU arbeiteten 2019 im Textilsektor 1,5 Mio. Menschen in 160.000 Betrieben, die einen Umsatz von 162 Mrd. Euro erwirtschafteten (Damit trägt der Textilsektor mit 2 % zur Wertschöpfung im produzierenden Sektor der EU bei (vgl. Euratex 2020, S. 6 & S. 9).

Die EU-Produktion von Bekleidung und Heimtextilien ging jedoch in den letzten zwei Jahrzehnten stark zurück und umfasste 2018 weniger als 20 % des EU-Verbrauchs. Dennoch spielt die EU als zweitgrößter Produzent nach China auch heute noch eine wichtige Rolle im Textilsektor. (Köhler et al. 2022, S. 7)

Auch in Österreich erwirtschaftet der Sektor Textil- und Bekleidungsindustrie nach wie vor eine relevante Wertschöpfung und schafft tausende Arbeitsplätze. Österreichische Unternehmen sind dabei entlang der gesamten Wertschöpfungskette vertreten und auf die Produktion von Nischen- und Spezialprodukten fokussiert (Feyerer 2021, Vortrag). Die in Österreich produzierten textilen Produkte können in die Bereiche Garne, Gewebe und Veredelungsprodukte, Heim- und Haustextilien sowie technische Textilien eingeteilt werden. Mit der Lenzing AG ist in Österreich zudem ein bedeutender Produzent im Bereich der Herstellung von Chemiefasern angesiedelt. Ein rückläufiger Trend ist in Hinblick auf die Beschäftigung und die Produktion, analog zur EU, jedoch auch in der Textil- und Bekleidungsindustrie Österreichs zu beobachten.

Der Textilkonsum innerhalb der EU 27 betrug 2017 13 Mio. t und entsprach einem Wert von 445 Mrd. Euro. Europäer:innen konsumieren im Jahr durchschnittlich 26 kg Textilien und geben dafür im Schnitt 871 Euro aus (vgl. Arnold et al. 2019, S. 11). Die Kollektions- und Konsumzyklen verkürzen sich stetig. Pro Jahr werden pro Kopf durchschnittlich 11 kg Textilien weggeworfen (vgl. Schmalz 2021, S. 20).

Im Zeitraum 2000 bis 2014 hat sich die globale Textilproduktion bereits verdoppelt und die Nachfrage nach Textilfasern soll von 62 Mio. t im Jahr 2017 auf 102 Mio. t im Jahr 2030 steigen (BCG & GFA, 2017). Die stetig steigenden Produktionsmengen sind mit einem steigendem Ressourcenverbrauch und erheblichen Umweltbelastungen verbunden.

Einer Studie der Ellen MacArthur-Foundation zufolge, wurden 2015 weltweit 98 Mio. t an nicht erneuerbaren Ressourcen für die Textilproduktion verbraucht. Der diesbezügliche CO₂-Ausstoß betrug 1,2 Mrd. t - mehr als alle internationalen Flüge und Schifffahrten zusammengenommen (vgl. EMF 2017, S. 20f).

Die Textilbranche liegt somit beim Verbrauch von Primärrohstoffen und Wasser (nach Lebensmittelherstellung, Wohnungsbau und Verkehr) global an vierter und als Verursacher von Treibhausgasemissionen an fünfter Stelle. Zusätzliche Umweltbelastungen entstehen überdies durch den Einsatz von Chemikalien und die Freisetzung von Mikroplastik. 4-6 % des ökologischen Fußabdruckes der EU wird durch den Textilkonsum verursacht. (Arnold et al. 2019, S. 45)

In der überwiegend linear ausgerichteten Textilindustrie ist der Sekundärrohstoffanteil noch sehr gering. Weltweit werden derzeit 73 % der Kleidung deponiert oder verbrannt und nur rund 12 % recycelt. In einem geschlossenen Kreislauf geführt werden weltweit nur 1 % und in Europa nur rund 2 % der Textilien (EMF 2017, S. 20, Bakowska et al. 2022, S. 25).

Aufgrund der immer größeren Mengen von anfallenden Alttextilien und der sinkenden Qualitäten, stößt auch die seit Jahren etablierte Sammlung an ihre Grenzen. Auch die ausländischen Märkte in Afrika und Asien für diese Second-Hand- Textilien sind zunehmend übersättigt. Zudem werden die dort ansässige Textilproduzent:innen von den großen Mengen an europäischen Altkleiderimporten unter Druck gesetzt.

Angesichts dieser Entwicklungen müssen neue Strategien entwickelt werden, wie mit den steigenden Mengen der in Zukunft gesammelten Textilien umgegangen werden soll. Auf EU- Ebene wurde zu diesem Zweck ein umfangreiches Maßnahmenpaket beschlossen.

Die Europäische Kommission veröffentlichte 2015 dazu das sogenannte Kreislaufwirtschaftspaket und initiierte damit wichtige Änderungen der EU-Abfallrahmenrichtlinie, die auch den Umgang mit Textilien betreffen. Im Textilsektor der EU stehen damit in den nächsten Jahren wichtige Weichenstellungen bevor. Ab 2025 sieht die geänderte Abfallrahmenrichtlinie eine verpflichtende getrennte Textilsammlung für alle Mitgliedstaaten vor.

Am 30. März 2022 wurde die EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien veröffentlicht. Die Strategie soll den Textilsektor unterstützen, umweltfreundlicher, wettbewerbsfähiger und resilienter zu werden. Dabei sollen Textilien haltbarer werden bzw. repariert, wiederverwendet oder recycelt werden können. „Fast Fashion“, Textilabfälle und die Vernichtung unverkaufter Textilien sind zu vermeiden und sicherzustellen, dass bei der Herstellung von Textilien die sozialen Rechte uneingeschränkt gewahrt werden. (Europäische Kommission 2022, online) Die Europäische Kommission wird unter anderem Anforderungen an Textilien für eine längere Haltbarkeit, leichtere Reparaturen und Möglichkeiten zum Recyclen festlegen und einen digitalen Produktpass einführen. Auch sollen bis 2023 EU-Vorschriften zur erweiterten Herstellerverantwortung für Textilien und wirtschaftliche Anreize für nachhaltigere Produkte vorgeschlagen werden. Die Kommission plant weiters für die verschiedenen Lebenszyklusphasen, in denen Kunstfasern in die Umwelt abgegeben werden, eine Reihe von Vermeidungs- und Reduzierungsmaßnahmen, insbesondere durch verbindliche Anforderungen an die Produktgestaltung, die im Rahmen der Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte festgelegt werden sollen.

Darüber hinaus überarbeitet die EU derzeit auch die Abfallverbringungsverordnung. Mit der neuen Abfallverbringungsverordnung verfolgt die EU folgende Ziele: die Verhinderung der Verlagerung der EU-Abfallproblematik in Drittländer, die Erleichterung des Transports von Abfällen zum Recycling und zur Wiederverwendung in der EU und die bessere Bekämpfung illegaler Abfallverbringungen. Der Transport von Textilabfällen in Nicht-OECD-Länder soll nur noch unter bestimmten Bedingungen erlaubt sein. (vgl. Europäische Kommission 2021, online)

Derzeit prüft die Kommission auch die Festlegung von Zielvorgaben für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling von Textilien und plant bis 2024 dem Europäischen Parlament und dem Rat einen Bericht vorzulegen, der gegebenenfalls von einem

Gesetzgebungsvorschlag begleitet wird. Damit könnte in Zukunft nicht nur die getrennte Sammlung von Textilien verpflichtend sein, sondern es müssten unter Umständen auch von der EU fixierte Zielvorgaben für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling von Textilabfällen erreicht werden. (Dittrich und Neitsch 2022, S. 20).

Die geänderten Rahmenbedingungen für die Sammlung und das Recycling von textilen Abfällen werden auch in Österreich zu einer umfassenden Adaptierung des derzeitigen Sammelsystems führen müssen.

Laut dem Circularity Gap Report 2019 ist Österreichs Wirtschaft ist derzeit zu 9,7 % zirkular und damit basiert nur etwa ein Zehntel des gesamten Materialeinsatzes auf sekundären Rohstoffen. Laut dem Bericht sind durch Maßnahmen wie der Steigerung der Wiederverwertung potenziell rezyklierbarer Abfälle 37,4 % erreichbar. (vgl. Circle Economy 2019, S. 7)

Diese Zahlen machen deutlich, dass hier Handlungsbedarf besteht, um die Zirkularität Österreichs zu erhöhen. Hierzu kann die stoffliche Verwertung von textilen Abfällen auch in Österreich einen wesentlichen Beitrag leisten. Im Sinne der Abfallhierarchie steht auch bei der textilen Wertschöpfungskette Reduktion und Wiederverwendung an erster Stelle, aber auch dem Recycling wird aus den vorher genannten Gründen in Zukunft eine bedeutende Rolle zukommen müssen.

4 Untersuchungsgegenstand und Ziele der Studie

Die vorliegende Studie befasst sich mit den Herausforderungen und Potenzialen für den Einsatz von Sekundärmaterialien in der österreichischen Textilindustrie. Die globalen Produktionsmengen der Textilindustrie steigen seit zwei Jahrzehnten rasant und damit auch die Mengen an textilem Abfall. In Österreich wird nur ein geringer Teil der anfallenden textilen Abfälle einer Weiterverwendung zugeführt. Ab 2025 müssen laut Vorgabe der EU Textilien getrennt gesammelt werden. Neben dem steigendem Konsum an Textilien wird diese Vorgabe zu einem weiteren Ansteigen der Sammelmengen auch in Österreich führen.

Ziel der Studie war es, auf Basis einer breiten Stakeholdereinbindung, Herausforderungen und Potenziale zur Etablierung von Kreisläufen in der Textilindustrie mit Fokus auf den Einsatz von Sekundärmaterialien in Österreich zu benennen. Darauf aufbauend wurden Handlungsempfehlungen für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Forcierung der Kreislaufführung von textilen Produkten in Österreich – vor allem als Input für die FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft – formuliert.

Im Rahmen dieser Studie wird darüber hinaus ein Einblick in die textile Wertschöpfungskette in Österreich bestehend aus Faser- und Textilproduktion sowie Sammlung, Sortierung und Recycling von Alttextilien gegeben. Weiters werden Good Practices für Recyclingtechnologien identifiziert und analysiert.

5 Methode

Die vorliegende Arbeit wurde zum einen auf Basis einer umfassenden Literatur- und Datenanalyse durchgeführt. Unterschiedliche Literaturquellen sowie statistische Daten wurden sowohl als Grundlage für die Ausgangslage als auch für die Identifikation der Herausforderungen und Potenziale verwendet. Vor allem einschlägige wissenschaftliche Journale, behördliche Texte sowie Internetquellen von Forschungseinrichtungen wurden herangezogen.

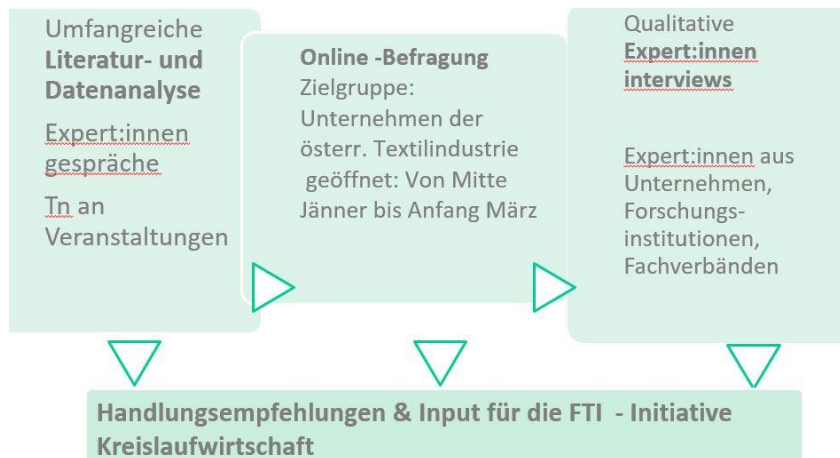


Abbildung 1: Methode der Studie "Sekundärrohstoffe für die österreichische Textilindustrie"

5.1. Einblick in die österreichische Textilindustrie – statistische Daten

Für die quantitative Darstellung der österreichischen Textil- und Bekleidungsindustrie wurden die statistischen Daten der Eurostat- und Orbis-Datenbank ¹ausgewertet.

Die Ergebnisse können dabei wie folgt untergliedert werden:

- Darstellung der österreichischen Textil- und Bekleidungsindustrie auf Basis der Kennzahlen Umsatz sowie Unternehmens- und Mitarbeiteranzahlen.
- Aufschlüsselung von Unternehmensanzahlen und Umsatz nach Größenkategorien der Unternehmen in Abhängigkeit der Mitarbeiteranzahl.
- Import- und Exportmenge in den Sektoren
- Beschreibung relevanter Unternehmen mit Produktion in Österreich in den jeweiligen Subsektoren.

Die Definition der Subsektoren sowie die Zuordnung der Tätigkeitsbereiche nach NACE-Klassifikation und zuordenbaren Produkten nach HS/KN-Codes erfolgte in Anlehnung an den Bericht „Data on the EU Textile Ecosystem and its Competitiveness“ (European Commission, 2021). Die Tabelle in Anhang 3 zeigt für die betrachteten Sektoren der Textil- und Bekleidungsindustrie die

¹ Orbis beinhaltet standardisierte Informationen zu weltweit rd. 400 Millionen Unternehmen. Sie beinhaltet Firmen- und Beteiligungsdaten sowie Finanzzahlen von börsen- und nicht-börsennotierten Unternehmen.

NACE-Klassifikationen sowie die zugehörigen HS -Warenkategorien, die in den Betrachtungsraum miteinbezogen wurden.

Für die wirtschaftlichen Kennzahlen, Umsatz, Unternehmens- und Beschäftigtenanzahlen, wurde die strukturelle Unternehmensstatistik von Eurostat herangezogen. Die diesbezüglichen österreichischen Daten werden jährlich im Rahmen der Leistungs- und Strukturstatistik (LSE) von der Statistik Austria erhoben.

Bezüglich der Import- und Exportdaten wurde auf jährliche Daten der International Trade in Goods Statistics (ITGS) zurückgegriffen. Es erfolgte eine Abfrage der detaillierten Daten auf Basis der Kombinierten Nomenklatur (KN) von jenen Gütern, die den betrachteten Subsektoren zugeordnet wurden.

5.2. Betrachtete Abteilungen NACE-Klassifikation

Es wurden die Abteilungen C13 (Herstellung von Textilien) sowie deren Unterkapitel C131 (Spinnstoffaufbereitung und Spinnerei), C132 (Weberei), C133 (Veredelung von Textilien), C139 (Herstellung von sonstigen Textilwaren) und C14 (Herstellung von Bekleidung) mit den zugehörigen Unterkapiteln C141 (Herstellung von Bekleidung ohne Pelzbekleidung), C142 (Herstellung von Pelzwaren), C143 (Herstellung von Bekleidung aus gewirktem und gesticktem Stoff) betrachtet. Weiters wurde die Unterabteilung C206 (Herstellung von Chemiefasern) mitberücksichtigt. Eine detaillierte Beschreibung der NACE – Codes ist im Anhang 1 dargestellt.

An dieser Stelle ist auch auf die Divergenz zwischen Daten der vorliegenden Arbeit auf Basis der Eurostat Daten und jenen des Verbands der Textil- und Bekleidungsindustrie hinzuweisen. Die Unterschiede sind zum einen auf eine unterschiedliche Erhebungsmethode sowie die Verbandssystematik zurückzuführen. So inkludiert der Verband der Textil- und Bekleidungsindustrie auch die Betten- Knopf- und Lederindustrie sowie industrielle Wäschen. Fachgruppenmitglieder aus Gewerbe und Handwerk sind dagegen laut Auskunft des Fachverbandes der Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie, nicht vertreten. Darüber hinaus verwendet der Verband der Textil- und Bekleidungsindustrie Daten der Konjunkturstatistik für die statistischen Erhebungen.

5.3. Good Practice-Beispiele

Für die vergleichende qualitative Analyse der Good Practice-Beispiele wurden diese anhand eines vorab festgelegten Kriteriensets (Status der Umsetzung, Art des Recyclings, räumliche Verortung) gesammelt und ausgewählt.

Auf Basis eines vorab festgelegten Untersuchungsdesigns wurden die ausgewählten Beispiele hinsichtlich TRL/Verfügbarkeit am Markt, Input (Rohstoff und dessen Verfügbarkeit), Output (Qualität, Art des Outputs,) Umweltpotenzial, Wirtschaftlichkeit verglichen, um darauf aufbauend die wesentlichen Herausforderungen und Potenziale zu identifizieren.

5.4. Stakeholdereinbindung

Zur Validierung der Ergebnisse hinsichtlich der Herausforderungen und Potenziale sowie der abgeleiteten Handlungsempfehlungen erfolgte eine breite Stakeholdereinbindung über eine Online-Umfrage mit Unternehmen der österreichischen Textilindustrie. Darüber hinaus wurden Interviews mit Expert:innen und Stakeholdern aus Wissenschaft, Wirtschaft und einer Interessensvertretung durchgeführt. Besonders bedanken möchten wir uns bei

- Drⁱⁿ Jo-Ann Innerlohinger, Lenzing
- Dr. Andreas Bartl, TU Wien
- Univ.-Prof. Dr. Tung Pham, Universität Innsbruck
- Anna Pehrsson, Texaid Textilverwertungs-AG
- Michaela Schönhofer und Claudia Schramme, TBSL

Auch allen Mitwirkenden an der Online-Umfrage möchten wir an dieser Stelle für die gute Zusammenarbeit und das engagierte Einbringen ihrer Expertise ein herzliches Dankeschön aussprechen!

6 Die Textile Wertschöpfungskette in Österreich

6.1. Die Prozesse in der textilen Kette

Um die Herausforderungen und Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft in der Textilindustrie, aber auch für die stoffliche Nutzung von textilen Abfällen in Österreich darstellen zu können, ist es wesentlich, einleitend die textile Wertschöpfungskette und ihre Besonderheiten zu betrachten.

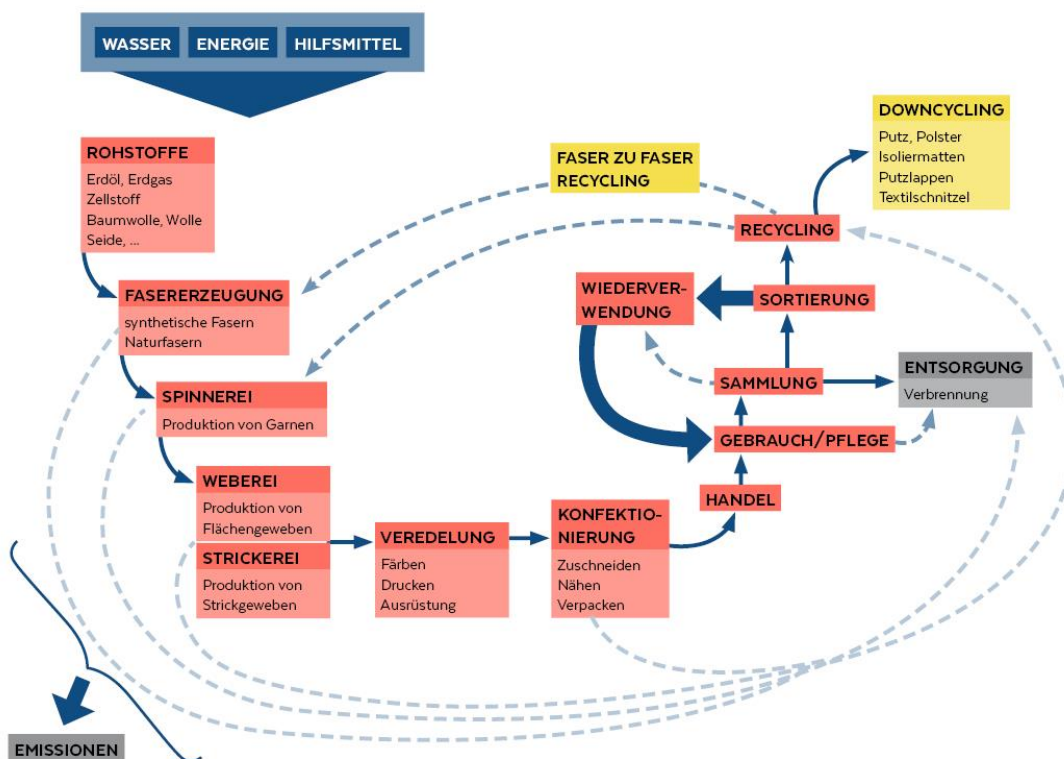


Abbildung 2: Die textile Kette (Quelle: eigene Darstellung)

Bis ein fertiges textiles Erzeugnis oder ein Bekleidungsstück entstanden ist, sind viele Arbeitsschritte notwendig. Ausgangsstoffe für Textilfasern sind Verbindungen aus linearen Makromolekülen. Die Rohstoffe für die textilen Erzeugnisse kommen im Falle der natürlichen Fasern aus der Land- und Forstwirtschaft. Bei Chemiefasern aus synthetischen Polymeren stellen Rohstoffe wie Erdöl oder Erdgas r (z. B. für Polyester oder Polyamid) die Ausgangsbasis dar. Für zellulosische Chemiefasern, die aus natürlichen Polymeren bestehen, wird der Zellstoff über ein chemisches Verfahren vielfach aus Holz (z. B. für Viskose) gewonnen. (vgl. FCI 2020, S. 12)

Polyesterfasern und Baumwollfasern sind die bedeutendsten Fasern in der globalen Textil-Produktion. Polyesterfasern dominieren den Markt mit 52 % Marktanteil und machen gemeinsam

mit Acrylfasern und anderen synthetischen Fasern rund 63 % der globalen Produktion aus. Die globale Baumwoll-Produktion hat in etwa einen Marktanteil von 23 %. Eine immer bedeutender werdende Faser-Kategorie sind Zellulose-Kunstfasern, wie Viskose oder Lyocell, die derzeit am Markt mit einem Anteil von 6 % vertreten sind. (vgl. TextileExchange 2020, S. 6)

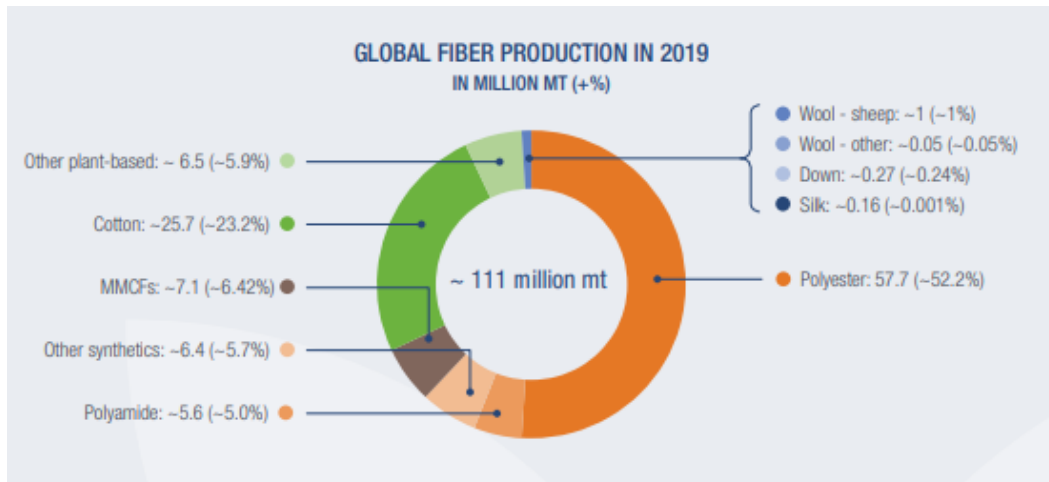


Abbildung 3: Globale Faser Produktion im Jahr 2019 (Quelle: TextileExchange 2020)

Etwa 50 % der Fasern, die für die Herstellung von Bekleidung verwendet werden, sind natürliche Fasern. Bei Haushaltstextilien werden rund 82 % synthetische Fasern eingesetzt und bei technischen Textilien sind es 98 %. (vgl. Arnold et al. 2019, S. 8)

Die Qualität und Zusammensetzung der Fasern der Textilien ist von grundlegender Bedeutung für die Möglichkeiten des Recyclings. Da Polyesterfasern und Baumwollfasern die Faserarten darstellen, die in der Textilherstellung am häufigsten eingesetzt werden, wird im Rahmen der Good Practice Analyse im folgenden Kapitel auf jene Recyclingtechnologien fokussiert, die diese Fasern verarbeiten können.

Für die Garnherstellung werden die Natur- und Chemiefasern bzw. deren Gemische verstreckt, parallelisiert oder zusammengedreht. Im Zuge der Primärspinnerei werden aus polymeren Fäden Chemiefasern unbegrenzter Länge (Filamente) gesponnen. Fasern natürlicher Länge, wie etwa Wolle, Baumwolle, Flachs bzw. Chemiefasern begrenzter Länge (Stapelfasern) werden in Sekundärspinnereien zu sogenannten Spinnfasergarnen versponnen (vgl. FCI 2020, S. 26).

Das Garn wird in einem nächsten Schritt zu einer textilen Fläche verarbeitet. Hier sind Produktionsschritte wie beispielsweise Weben, Wirken und Stricken oder die Vliesherstellung verortet. Das Flächengebilde wird anschließend ebenfalls veredelt. Es wird für die Färbung vorbehandelt, danach gefärbt und bedruckt. Falls bestimmte Eigenschaften nicht bereits inhärent in der Faser vorhanden sind, wie es vielfach bei Chemiefasern üblich ist, erhält das Textil nun eine Ausrüstung (vgl. FCI 2020, S. 29f).

Die Konfektion bezeichnet die serienmäßige Herstellung von Bekleidung und Heimtextilien und stellt den letzten Schritt in der textilen Produktionskette dar. Zur Konfektion gehören

Arbeitsschritte wie das Zuschneiden bzw. Stanzen von textilen Formteilen, auch Nähen und Bügeln sind Teil der Konfektion (vgl. FCI 2020, S. 29f).

Die Wertschöpfungskette der Textilindustrie ist lang und komplex. Die Produktionsphasen für ein typisches Kleidungsstück werden an den unterschiedlichsten Orten durchgeführt, durchlaufen vielfach mehrere Länder und sogar Kontinente. So kann beispielsweise die Baumwolle für ein Hemd in Griechenland angebaut, in der Türkei zu Garn gesponnen, in Indien zu Stoff gewebt, in Bangladesch genäht und in Tunesien gefärbt worden sein.

Über den Handel gelangen die textilen Erzeugnisse zu den Verbraucher:innen, die diese wiederum nach Gebrauch der Textilsammlung oder der Entsorgung zuführen. Der Einsatzbereich textiler Erzeugnisse geht jedoch weit über die Bekleidung und ist sehr vielfältig. Textile Erzeugnisse werden in einer großen Anzahl von Sektoren eingesetzt, von der Landwirtschaft und dem Bauwesen bis hin zur Automobilindustrie, dem Gesundheitswesen, der Elektronik sowie dem Militärssektor (vgl. European Commission 2021, S. 13)

6.2. Die österreichische Textil- und Bekleidungsindustrie

Ein Schwerpunkt dieser Studie liegt auf der Betrachtung der textilen Wertschöpfungskette in Österreich. Um das Potenzial für den Einsatz von Sekundärfasern abschätzen zu können, war es in einem ersten Schritt notwendig, die Stufen der textilen Wertschöpfungskette in Österreich im Detail anhand der Akteur:innen und Produktionsschritte herauszuarbeiten. Ziel war es, deutlich zu machen, inwieweit in Österreich theoretisches Potenzial besteht, Primärfasern durch Sekundärfasern zu substituieren.

Trotz rückläufiger Bedeutung stellt die österreichische Textil- und Bekleidungsindustrie nach wie vor einen relevanten Wirtschaftssektor dar. Im Jahr 2019 setzte die Textil- und Bekleidungsindustrie in Österreich insgesamt rund 4,09 Mrd. Euro um. Zur Textil- und Bekleidungsindustrie zählt die strukturelle Unternehmensstatistik in Österreich 1 458 Unternehmen mit 16 567 Mitarbeiter:innen. 89 % der Unternehmen sind Kleinunternehmen mit weniger als 10 Mitarbeiter:innen. Vier Großunternehmen (mit mehr als 250 Mitarbeiter:innen), 45 mittlere Unternehmen (mit mehr als 50 Mitarbeiter:innen) und 66 Betriebe mit mehr als 20 Mitarbeiter:innen fallen in diesen Bereich. Betrachtet wurden die NACE Abteilungen C 13 Herstellung von Textilien, C 14 Herstellung von Bekleidung und C 206 Herstellung von Chemiefasern Die Herstellung von Chemiefasern wurde hier miteinbezogen, da dieser Prozess ein bedeutender Schritt in der textilen Kette darstellt. Nicht miteinbezogen wurden in diese Betrachtung Unternehmen der Schuherstellung (C 1540).²

² Zur Größe des Sektors existieren wie in dem Kapitel Methode ausgeführt, dabei unterschiedliche Angaben auf Grund unterschiedlicher Erhebungsmethoden. Laut dem Fachverband Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie der Wirtschaftskammer Österreich zählte die heimische Textilindustrie im Jahr 2019 224 Mitgliedsunternehmen (inkl. 110 Stickereiunternehmen) mit insgesamt 10.793 Beschäftigten und einem generierten Umsatz von 2,4 Mrd. Euro (vgl. Fachverband der Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie, S. 9).

Um im globalen Wettbewerb bestehen zu können, hat sich die österreichische Textilindustrie auf Nischen- und Premiumprodukte spezialisiert. Der Exportanteil liegt mit mehr als 70 % für Bekleidung und 80 % für Textilien auf sehr hohem Niveau (Strasser, Vortrag 2021). Der wichtigste Markt ist dabei Europa, insbesondere Deutschland (TBSL, online).

Die Produktpalette der österreichischen Textilindustrie ist in folgende Bereiche gegliedert (TBSL, online):

- Garne, Gewebe und Veredelungsprodukte: Hochleistungsgarne und Gewebe sowie Veredelungsprodukte für den Bekleidungssektor.
- Heim- und Haustextilien: Insbesondere sind hier Produkte im Premiumbereich international vertreten.
- Technische Textilien: Schutztextilien, Textilien zum Einsatz in der Industrie, Medizintextilien, Textilprodukte für Baukonstruktionen, Innenausstattung für Automobil und Luftfahrt, weitere spezielle Anwendungen.
- Zudem ist mit Lenzing ein wichtiger globaler Player im Bereich der Herstellung von Chemiefasern vertreten.

6.2.1. Unternehmen, Umsatz und Mitarbeiter:innen

Untenstehende Tabelle bietet einen Einblick in die Struktur der österreichischen Textil- und Bekleidungsindustrie und zeigt die Unternehmensanzahl, den Umsatz sowie die Mitarbeiter:innenanzahl in den betrachteten Sektoren.

Tabelle 1: Übersicht über die wirtschaftlichen Kennzahlen Unternehmensanzahl, Umsatz und Beschäftigtenanzahl (Quelle: eigene Darstellung, Eurostat, 2022 adaptiert).

| Jahre | | | 2017 | 2018 | 2019 | 2017/2019 |
|------------|--|-------------------------|---------|---------|---------|-----------------|
| NACE-Codes | Bezeichnung | Kennzahl | | | | Veränderung (%) |
| C13 | Herstellung von Textilien | Unternehmen - Anzahl | 514 | 498 | 523 | 1,8 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 1.567,9 | 1.633,4 | 1.591,0 | 1,5 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 8.151 | 8.246 | 7.933 | -2,7 |
| C131 | Spinnstoffaufbereitung und Spinnerei | Unternehmen - Anzahl | 17 | 15 | 11 | -35,3 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 171,7 | 160,0 | 121,3 | -29,4 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 597 | 550 | 419 | -29,8 |
| C132 | Weberei | Unternehmen - Anzahl | 32 | 30 | 35 | 9,4 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 382,2 | 502,8 | 538,0 | 40,8 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 1.842 | 1.988 | 2.057 | 11,7 |
| C133 | Veredlung von Textilien und Bekleidung | Unternehmen - Anzahl | 59 | 55 | 67 | 13,6 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 52,3 | 58,1 | 54,7 | 4,6 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 510 | 500 | 504 | -1,2 |
| C139 | Herstellung von sonstigen Textilwaren | Unternehmen - Anzahl | 406 | 398 | 410 | 1,0 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 961,7 | 912,5 | 877,0 | -8,8 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 5.202 | 5.208 | 4.953 | -4,8 |
| C14 | Herstellung von Bekleidung | Unternehmen - Anzahl | 737 | 773 | 931 | 26,3 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 668,5 | 673,0 | 667,7 | -0,1 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 5.184 | 5.062 | 5.014 | -3,3 |
| C141 | Herstellung von Bekleidung (ohne Pelzbekleidung) | Unternehmen - Anzahl | 677 | 718 | 876 | 29,4 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 562,5 | 577,4 | 579,0 | 2,9 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 4.209 | 4.173 | 4.204 | -0,1 |
| C143 | Herstellung von Bekleidung aus gewirktem und gestricktem Stoff | Unternehmen - Anzahl | 24 | 22 | 23 | -4,2 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 102,5 | 92,2 | 85,7 | -16,4 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 894 | 811 | 735 | -17,8 |
| C142 | Herstellung von Pelzwaren | Unternehmen - Anzahl | 36 | 33 | 32 | -11,1 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 3,6 | 3,3 | 3,0 | -16,7 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 81 | 78 | 75 | -7,4 |
| C206 | Herstellung von Chemiefasern | Unternehmen - Anzahl | 5 | 4 | 4 | -20,0 |
| | | Umsatz - Millionen Euro | 1.230,2 | 1.813,5 | 1.833,1 | 49,0 |
| | | Beschäftigten - Anzahl | 2.977 | 3.454 | 3.620 | 21,6 |

Laut Leistungs- und Strukturstatistik des Jahres 2019 erwirtschafteten in der NACE-Abteilung „Herstellung von Textilien“ (C 13) 523 Unternehmen 1,6 Mrd. Euro und beschäftigten rund 7 900 Mitarbeiter. Ein Großteil der Unternehmen (78 %) sind Klein- bzw. Kleinstunternehmen (0-9 Beschäftigte). In diesen Bereich fällt ein größeres Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten sowie 31 Unternehmen mit mehr als 50 Mitarbeitenden bzw. 43 Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigten.

Laut dieser Klassifikation werden in Österreich beispielsweise elf Spinnereien (C131) erfasst, wobei fünf dieser Unternehmen mehr als 20 Beschäftigte aufweisen. Laut dieser Statistik existieren in Österreich 35 Webereien (C132), wobei hier 15 Unternehmen mehr als 20 Mitarbeiter:innen haben. Im Bereich der Textilveredelung sind 58 Unternehmen verortet wobei hier nur fünf Unternehmen mehr als 20 Beschäftigte aufweisen.

Der Subsektor „Herstellung sonstiger Textilien“, der auch den Bereich der technischen Textilien umfasst, ist mit 410 Unternehmen der größte und umsatzstärkste Bereich mit 877 Mio. Euro. In diesem Bereich sind 52 Unternehmen mit mehr als 20 Mitarbeiter:innen angesiedelt.

In der NACE- Abteilung „Herstellung von Bekleidung“ erwirtschafteten 931 Unternehmen und rund 5.000 Beschäftigte ca. 0,7 Mrd. Euro.

Im Sektor „Herstellung von Chemiefasern“, sind 4 Unternehmen angeführt, die einen Umsatz von rund 1,8 Mrd. Euro generiert haben. Hier waren ca. 3 600 Mitarbeiter beschäftigt. Auch der Umsatz pro beschäftigter Person entspricht hier einem Vielfachen der Bereiche „Herstellung von Textilien“ und „Herstellung von Bekleidung“. In den Sektoren „Herstellung von Textilien“ und „Herstellung von Bekleidung“ sind überwiegend Klein- bzw. Kleinstunternehmen (0-9 Beschäftigte) tätig. Diese Unternehmen stellen 93 % der Unternehmen in der Abteilung „Herstellung von Bekleidung“, erwirtschafteten jedoch nur rund 11 % des Gesamtumsatzes.

Eine Übersicht der Unternehmensanzahl in Abhängigkeit von Beschäftigtenanzahl der betrachteten Sektoren ist in Anhang 2 dargestellt.

6.2.2. Importe, Exporte

Um Potenziale für die Substitution von Primärfasern und damit den Einsatz von Sekundärfasern in der österreichischen Textilindustrie zu identifizieren, wurden die Import- und Exportmengen in den einzelnen Sektoren betrachtet.

Tabelle 2: Überblick Import, Export, Netto-Import in den einzelnen Sektoren im Jahr 2019 (Quelle: Eurostat)

| Subsektor | Import (t) | Export (t) | Netto-Import (t) | Netto-Import/Export quote | Gütermenge (t) |
|-------------------------------------|-------------|------------|------------------|---------------------------|----------------|
| Chemiefasern | 310 287,30 | 294 197,20 | 16 090,10 | 5,19 | 47 290,45 |
| Garne | 199 629,27 | 143 447,22 | 56 182,05 | 28,14 | 20 047,36 |
| Gewebe | 293 594,30 | 342 735,84 | -49 141,54 | 14,34 | 9 610,44 |
| Heimtextilien | 1 174 767 | 707 498,2 | 467 268,8 | 39,78 | 65 026,55 |
| Technische Textilien | 180 780,54 | 149 152,27 | 3 1628,27 | 17,50 | 7666,22 |
| Bekleidung & Accessoires | 175 6131,33 | 776 417,54 | 979713,79 | 55,79 | 97 971,38 |

Im Subsektor Chemiefasern wurde ein Substitutionspotenzial von 47 000 t für Inlandsverbrauch und Produktion errechnet. Für die Garnherstellung werden 20 000 t Rohstoffe importiert, die ebenfalls grundsätzlich durch Sekundärfasern ersetzt werden könnten. Eine detaillierte Darstellung der Importe und Exporte nach Produktgruppen (HS/KS Positionen) befindet sich im Anhang 3. Die zugrundeliegenden Annahmen für die Berechnungen sind ebenfalls im Anhang 3 dargestellt.

6.3. Wichtige Akteur:innen der österreichischen Textil- und Bekleidungsindustrie

Im Folgenden wird die textile Wertschöpfungskette in Österreich entlang der Bereiche „Chemiefasern“, „Garne“, „Stoffe“, „Heimtextilien“, „Technische Textilien“ sowie „Bekleidung und Accessoires“ anhand der umsatzstärksten Unternehmen, die Produktionsstandorte in Österreich besitzen, vorgestellt. Die umsatzstärksten Unternehmen wurden auf Basis einer Abfrage der Orbis Datenbank identifiziert.

6.3.1. Erzeugung von Chemiefasern

Der Subsektor „Chemiefasern“ (C206) umfasst die Bereiche der Herstellung von synthetischen oder künstlichen Filamenten, Stapelfasern und Filamentgarnen. Die einzelnen NACE-Codes sind im Anhang 1 im Detail beschrieben.

Dem Bereich „Herstellung von Chemiefasern“ werden laut Statistik Austria vier Unternehmen zugeordnet, die im Jahr 2019 einen Gesamtumsatz von 1 833 Mio. Euro generierten und 3 620 Mitarbeiter:innen beschäftigten. Österreich zeichnet für rund 21% des gesamten EU27-Umsatzes im Teilssektor Chemiefasern verantwortlich und liegt damit an zweiter Stelle nach Deutschland (mit 28%). (vgl. European Commission 2021, S. 56)

Dem Bereich „Chemiefasern“ können in Österreich folgende Unternehmen zugeordnet werden:

- Lenzing Aktiengesellschaft
- Lenzing Fibres GmbH
- Evonik Fibres GmbH
- IFG Asota GmbH

Die Lenzing AG ist mit ihrem Hauptsitz in Lenzing sowie der Lenzing Fibres GmbH (Heiligenkreuz im Lafnitztal) in Österreich vertreten. Das Unternehmen produziert und vertreibt hauptsächlich Viskose-, Modal- und Lyocellfasern sowie Lyocell-Filamentgarne auf Basis von Cellulose. Es existieren die Eigenmarken Tencel™, EcoVero™, Veocel™ und LENZING™. Im Jahr 2021 beschäftigte das Unternehmen global rund 8.000 Mitarbeiter und erzielte einen Umsatz von 2,2 Mrd. Euro. Die Lenzing Fibres GmbH ist im Bereich der Erzeugung von industriell gefertigten Cellulosefasern tätig (vgl. Lenzing AG, online).

Die Evonik Fibres GmbH (Lenzing/Schörfling am Attersee) ist Teil der deutschen Evonik Industries AG, ein führender Anbieter von Spezialchemikalien. Über 200 Beschäftigte arbeiten an Polyamid-basierten Produkten wie beispielsweise Hochperformance-Fasern (vgl. Evonik Fibres, online).

Die IFG Asota GmbH (Linz) forscht und testet neue Produkte und Technologien im Bereich Kunstfasern (vgl. IFG, online).

6.3.2. Garne

Unternehmen, die dem Bereich „Garne“ (NACE-Klassifikation C131) zugeordnet werden, befassen sich mit dem Aufbereiten von textilen Fasern und dem Verspinnen von Spinnstoffen. In diesem Sektor, der die Spinnstoffaufbereitung und die Spinnereien umfasst, wurden in Österreich 2019 elf Unternehmen in der Strukturstatistik erfasst. Diese erwirtschafteten im Jahr 2019 121,3 Mio. Euro.

- Linz Textil GmbH
- MEYA Grabher-Meyer Elasticumspinnerei GmbH
- FAIGLE TEXTIL GmbH
- Schoeller Hard GmbH

Die Linz Textil GmbH (Linz) erzeugt an den zwei österreichischen Produktionsstandorten „Spinnerei Landeck“ und „Weberei Linz“ textile Halbfabrikate. In der Spinnerei Landeck werden Garne aus Extra-Langstapel-Baumwolle gewonnen. Als Spinnverfahren kommen dabei modernste Ringspinnmaschinen zum Einsatz). Ein großer Teil der produzierten Garne wird von einem weiteren österreichischen Unternehmen zu Afrika-Damast verwoben. Die Baumwollspinnerei war 2019 voll ausgelastet. In der Weberei Linz werden Rohgewebe für technische Anwendungen aus Baumwolle, Viskose, Tencel®, Polyester und Leinen sowie auch aus Mischgarnen, modische Oberbekleidungen und Heimtextilien gewoben (vgl. Linz Textil 2019, S. 16). Die MEYA Grabher-Meyer Elasticumspinnerei GmbH mit Sitz in Lustenau stellt elastisch umspinnene Garne her. Als Seele werden dabei Naturgummifäden oder Elastomere verwendet. Als Umspinnmaterialien dienen Nylon, Polyester, Baumwolle und Zellwolle in rohweißem und gefärbtem Zustand. Die Produktionsschritte umfassen Spulen, Umspinnen und Schären und Konen (vgl. MEYA Grabher-Meyer Elasticumspinnerei, online).

Die FAIGLE TEXTIL GmbH mit Sitz in Hard ist der ISTECH Holding AG zugehörig und stellt neben einfarbigen Garnen auch Multi- und Ombrégarne her. Das Unternehmen färbt und veredelt dabei Zwirne und Garne aus Seide, Viskose und Polyester (vgl. Faigle Textil, online).

Die Schoeller Hard GmbH (Hard) ist Marktführer in vielen Garnsegmenten und ist mit jeweils einem Produktionsstandort in Österreich und in Tschechien (Kresice) vertreten. Es wird eine breite Palette an Garnen hergestellt. Zum Produktportfolio gehören Industriegarne, Garne für die Bus, Bahn und Schiffsindustrie, technische Garne, Funktionsgarne sowie Strumpfgarne (vgl. Schöller, online).

Die Anzahl der größeren Produzenten in diesem Sektor ist in letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen. So stellte beispielsweise die Spinnerei Feldkirch GmbH 2016 die Produktion ein und auch in Landeck soll die Baumwollspinnerei der Linz Textil AG mit März 2023 geschlossen werden.

6.3.3. Stoffe

Dem Subsektor „Stoffe“ können die Unterabteilungen Weberei (C132), Veredelung von Textilien und Bekleidung (C133) sowie die Herstellung von gewirktem und gesticktem Stoff (C1391) zugeordnet werden. Der Umsatz von 538,0 Mio. Euro in den Webereien trug dabei zu 33,8 % des Gesamtumsatzes der Abteilung C13 bei. Mit 54,7 Mio. Euro entfielen auf die Veredelung von Textilien und Bekleidung lediglich 3,4 %. Für C1391 waren entsprechende Daten in der Detailtiefe nicht zu eruieren.

In Unterabteilung „Weberei“ wurden im Jahr 2019 35 Unternehmen angeführt, die insgesamt eine Beschäftigtenanzahl in Höhe von 2 057 aufwiesen. 18 Unternehmen fielen in die Größenkategorie <9 Beschäftigte, elf Unternehmen waren der Kategorie mit 10 - 49 Beschäftigten zuzuordnen. Weiters sind vier Unternehmen in der Größenklasse 50 - 249 Mitarbeiter:innen angesiedelt und zwei Unternehmen weisen mehr als 250 Beschäftigte auf.

In Unterabteilung „Veredelung von Textilien und Bekleidung“ wurden im Jahr 2019 67 Unternehmen angeführt, die in Summe eine Beschäftigtenzahl in Höhe von 504 aufwiesen. 58 Unternehmen, und damit ein Großteil, fällt in die Größenkategorie 0 - 9 Mitarbeiter:innen (86,6%). Lediglich vier Unternehmen wurden der Kategorie 10 - 19 Mitarbeiter:innen, drei der Kategorie 20 – 49 Mitarbeiter:innen und zwei der Kategorie 50 - 249 zugeordnet.

Wesentliche Unternehmen in diesem Subsektor sind:

- Getzner Textil Aktiengesellschaft
- Unger Veredelungstechnik GmbH
- Fussenegger Heimtextilien GmbH / Fussenegger Textilveredelung GmbH
- Feinjersey Group GmbH
- Linz Textil GmbH/Vossen GmbH & Co KG

Die Getzner Textil Gruppe unterhält 6 Standorte in Österreich, Deutschland und der Schweiz. In Österreich ist sie mit Getzner Handel GmbH (Lustenau), der Getzner Textil AG und TFE Textil GmbH (Bludenz) sowie der Herbert Kneitz GmbH (Bad Mitterndorf) vertreten. Es werden jährlich 78 Mio. Laufmeter Gewebe produziert. Dabei werden 416 Mio. Euro Umsatz erzielt. Der Exportanteil beträgt 96 %.

Die Tätigkeitsbereiche des Unternehmens gliedern sich in die Sparten Africa, Shirting, Technics und Mobility. In der Sparte Africa werden hochwertige Damaste aus 100 % Baumwolle hergestellt. Damit ist das Unternehmen führender Hersteller für afrikanische Bekleidungsdamaste in gehobener Qualität. In der Sparte Shirting werden für die Corporate Fashion Branche jährlich bis zu 2400 Muster für Hemden- und Blusenstoffe aus Baumwolle oder Mischgeweben hergestellt. Im Bereich der technischen Gewebe setzt das Unternehmen Schwerpunkte im Bereich Schutzausrüstung, Workwear und Outdoor. In der Sparte Mobility werden Textilien für die Bus-, Bahn- und Automobilindustrie hergestellt. In Österreich werden dabei Sitzbezugsstoffe (Herbert Kneitz GmbH) sowie hochwertige Kabelumwicklungen für die Automobilbranche (TFE Textil GmbH) produziert (vgl. Getzner Textil, online).

Die Unger Veredelungstechnik GmbH veredelt Textilien für die Automobil-, Textil- und Schuhindustrie. Kaschierungen, Beschichtungen, Appreturen, Thermofixierungen, Warenschau und Zuschnitte sind Kernkompetenzen des Unternehmens (vgl. Unger Textil Veredelung, online).

Die Produktpalette der Fussenegger Unternehmen (Dornbirn) umfasst Modestoffe, Vorhang- und Möbelstoffe, Bett- und Tischwäsche sowie Lohnveredelung. Laut eigener Angabe zählt sie zu den größten Textilproduzenten Österreichs. In ihren Kompetenzbereich fällt Vorbehandlung, Bleichen, Färben, Drucken sowie das Finishing von Textilien (vgl. Fussenegger Textilveredelung, online).

Die Feinjersey Group (Götzis) ist ein international agierendes Firmennetzwerk, dessen Produkte die gesamte Wertschöpfungskette - vom Garn bis zum fertigen Produkt - abbildet. Mit ca. 250 Mitarbeitern wird ein jährlicher Gesamtumsatz von 45 Mio. Euro erwirtschaftet. Die Sparte Feinjersey Fabrics entwickelt und produziert Maschenware für Wäsche, Sport, Mode und Textilien mithilfe von über 100 Hochleistungs-Rundstrickmaschinen. Produziert wird in Europa, unter anderem auch in Österreich (vgl. Feinjersey Fabrics, online).

Die Linz Textil GmbH ist am Firmensitz (Linz) auch im Bereich der Gewebeherstellung aktiv. Dabei wird Rohgewebe nach spezifischen Kundenanforderungen hauptsächlich für die Anwendungsgebiete Berufs-, und Schutzbekleidung, technische Gewebe, Heimtextilien und Bucheinbände produziert (vgl. Linz Textil, online).

Die Vossen GmbH & CO KG wurde 2004 von der Linz Textil Holding AG erworben und verfügt über eine Produktionsstätte in Österreich (Jennersdorf) und eine in Ungarn (St. Gotthard). Das Unternehmen ist spezialisiert auf die Herstellung von Frottierwaren. Jährlich werden dabei mehrere Tonnen Rohgarn verarbeitet (vgl. Vossen, online).

6.3.4. Heimtextilien

Dem Subsektor „Heimtextilien“ werden die Herstellung von konfektionierten Textilwaren (ohne Bekleidung (C1392) und Herstellung von Teppichen (C1393) zugeordnet.

Wesentliche in österreichische produzierende Firmen:

- AGM Durmont Austria GmbH
- Christian Dierig GmbH
- Hefel Textil GmbH
- Heimtex Produktions- & Service GmbH

Die AGM Durmont Austria GmbH (Hartberg) ist die einzige Teppichfabrik in Österreich. Mehrheitseigentümer ist seit 2017 das Unternehmen Flex. Rund 170 Mitarbeiter erzeugen derzeit ca. 12 Mio. m² Teppiche für die Autoindustrie und den Objektbereich (Wikimedia Österreich, online).

Die Christian Dierig GmbH (Leonding) ist Teil der Dierig Holding AG und betreibt am Firmenstandort eine Näherei. Nahezu alle Produkte, die unter dem Markennamen fleuresse® vertrieben werden, werden hier genäht (vgl. Fleuresse, online).

Die HEFEL Textil GmbH fertigt hochwertige Bettdecken, -kissen, -wäsche und Unterbetten und ist insbesondere im Bereich Naturbettwaren führend. Die Produktion erfolgt in den beiden österreichischen Betrieben Schwarzach und Kefermarkt zu 100 % in Österreich (vgl. Hefel, online).

Die Heimtex Produktions- & Service GmbH (Leonding) ist Schwesterfirma der Reiter Betten & Vorhänge GmbH und produziert jährlich über 130 000 Stk. Bettwaren, dies entspricht ca. 25 % der von Reiter verkauften Pölster und Decke. Der Rest wird an Standorten in der EU produziert (vgl. Heimtex, online).

6.3.5. Technische Textilien

Dem Subsektor „Technische Textilien“ können die Herstellung von Teppichen (C1394), die Herstellung von Vliesstoff und Erzeugnissen daraus (ohne Bekleidung) (C1395), die Herstellung von technischen Textilien (C1396) sowie die Herstellung von sonstigen Textilwaren (z. B. Filz, Netzgewebe) (C1399) zugeordnet werden.

Im folgenden wesentliche in österreichische produzierende Firmen:

- Andritz Fabrics and Rolls
- A. Haberkorn & Co GmbH
- Lenzing Plastics GmbH und Co KG
- Sattler Pro-TEX GmbH
- TenCate Geosynthetics Austria GmbH
- Teufelberger Fiber Rope GmbH

Durch die Übernahme von Xerium Technologies und die Schaffung der ANDRITZ Fabrics and Rolls Division (Gloggnitz), ist Andritz auch im Bereich der Herstellung von Maschinengeweben und Walzenbezügen tätig. Das österreichische Unternehmen ist mit 500 Beschäftigten diesbezüglich die größte und modernste Produktionsstätte des ehemaligen Unternehmens Xerium Technologies (vgl. ANDRITZ Fabrics and Rolls Division und die Presse, online).

Die Haberkorn & Co GmbH (Freistadt) produziert technische Textilien und beschäftigt dabei 120 Mitarbeiter. Hergestellt werden Komplettsysteme zur Absturzsicherung, maßgefertigte Band- und Seilerwaren für den technischen Einsatz, Rundgewebe und Schläuche für Feuerwehr, Industrie und Landwirtschaft sowie technische Gewebe für automobiler Komponenten. Auf über 100 teils patentierten Webmaschinen werden jährlich über 2 Mio. Meter Schlauch und 500.000 Meter gewebtes Gurtband hergestellt (vgl. Haberkorn & Co, online).

Die Lenzing Plastics GmbH und Co KG (Lenzing) ist weltweit führender Hersteller von Produkten auf Basis von Polyolefinen und Fluorpolymeren. Das Unternehmen stellt unter anderem PTFE- Garne, Fasern und Folien für verschiedenste Anwendungsfelder. Dazu gehören biokompatible Produkte für medizinische Anwendungen sowie Monofilamente, Multifilamente und Fasern für technische Textilien (vgl. Lenzing Plastics, online).

Die Sattler SUN-TEX GmbH ist Teil der Sattlergruppe, einem weltweit tätigen Familienunternehmen mit Sitz in Österreich. Neben dem Hauptsitz in Gössendorf verfügt das Unternehmen noch über einen weiteren Produktionsstandort in Rudersdorf. An den genannten Standorten werden

beschichtete technische Textilien hergestellt, die Anwendung als LKW-Planen, im Bereich des textilen Bauens, bei Zelten & Hallen sowie bei Biogasspeichern finden. Die Wertschöpfung reicht dabei vom Weben und Ausrüsten bis hin zum Beschichten (vgl. Sattler SUN-TEX, online).

Die TenCate Geosynthetics Austria GmbH wurde im Jahr 2022 vom Unternehmen Solmax, dem weltweit größten Hersteller von Geotextilien, übernommen. Das Tätigkeitsfeld liegt in der Herstellung und dem Vertrieb von Geokunststoffen, insbesondere Vliese aus mechanisch verfestigten Endlosfasern aus Polypropylen für den Einsatz im Tiefbau (vgl. TenCate Geosynthetics, online).

Die Teufelberger Fiber Rope GmbH (Wels) ist Teil der Teufelberger Holding Aktiengesellschaft. Das Unternehmen produziert Faserseile und Kunststoffumreifungsbänder.

6.3.6. Bekleidung und Accessoires

Diesem Subsektor können die Herstellung von Arbeits- und Berufsbekleidung (C1412), die Herstellung von sonstiger Oberbekleidung (C1413), die Herstellung von Wäsche (C1414), die Herstellung von sonstiger Bekleidung und Bekleidungszubehör (z.B. Babybekleidung, Handschuhe, Schals, etc.), die Herstellung von Bekleidung aus gewirktem und gesticktem Stoff (C1419), die Herstellung von Strumpfwaren (C1431) sowie die Herstellung von sonstiger Bekleidung aus gewirktem und gesticktem Stoff (C1439) zugeordnet werden.³

Wesentliche umsatzstarke Unternehmen in diesem Bereich in Österreich sind:

- Wolford AG
- Huber Holding AG
- Löffler GmbH
- Wenger Austrian Style KG
- Eisbär Sportmoden GmbH

Die Wolford AG (Bregenz) ist Marktführer im Bereich der hochwertigen Skinwear. Das Unternehmen produziert ausschließlich in Europa, unter anderem auch an seinem Stammsitz in Bregenz. Die Marke gehört zum globalen Luxusmodekonzern Lanvin Group. In Bregenz verfügt Wolford über 264 individuell angepasste Nahtlosstrickmaschinen (vgl. Wolford, online).

Die Huber Holding AG (Götzis) unterhält mit der Arula GmbH (Mäder) einen Produktionsstandort in Österreich. Zu den Konzernmarken gehören Skiny, Huber und HOM (vgl. Huber, online).

Die Löffler GmbH (Ried im Innkreis) produziert nach wie vor am Unternehmensstandort. 280 Mitarbeiter:innen erbringen rund 90 % der Wertschöpfung in Europa. 70 % der verarbeitenden Stoffe werden in der hauseigenen Stickerei Ried im Innkreis gestickt (vgl. Löffler, online).

³ Die Herstellung von Lederbekleidung (C1411) und von Pelzwaren (C1420) fällt ebenfalls unter C141 wurde hier nicht in Betrachtung miteinbezogen

Die Wenger Austrian Style KG (Oberberg am Inn) produziert seit 1961 Dirndl, Blusen, Trachtenkleider, Damenmieder, Röcke und Jacken am Unternehmensstandort (vgl. Wenger, online).

Die Eisbär Sportmoden GmbH (Feldkirchen an der Donau) fertigt einen Großteil ihrer Produkte am Unternehmensstandort in Oberösterreich. Zum Produktportfolio gehörten Strickprodukte- vor allem Kopfbedeckungen (vgl. Eisbär Sportmoden, online).

6.4. Konsumausgaben in Österreich für Bekleidung

ÖsterreicherInnen gaben 2019 rund 9,27 Mrd. Euro für Bekleidung aus. Die Ausgaben sind im Vergleich zum Jahr 2018 um 160 Mio. Euro gestiegen und haben zu einem neuen Höchststand der Konsumausgaben privater Haushalte in Österreich für Bekleidung geführt (vgl. Statistik Austria 2020b, online).

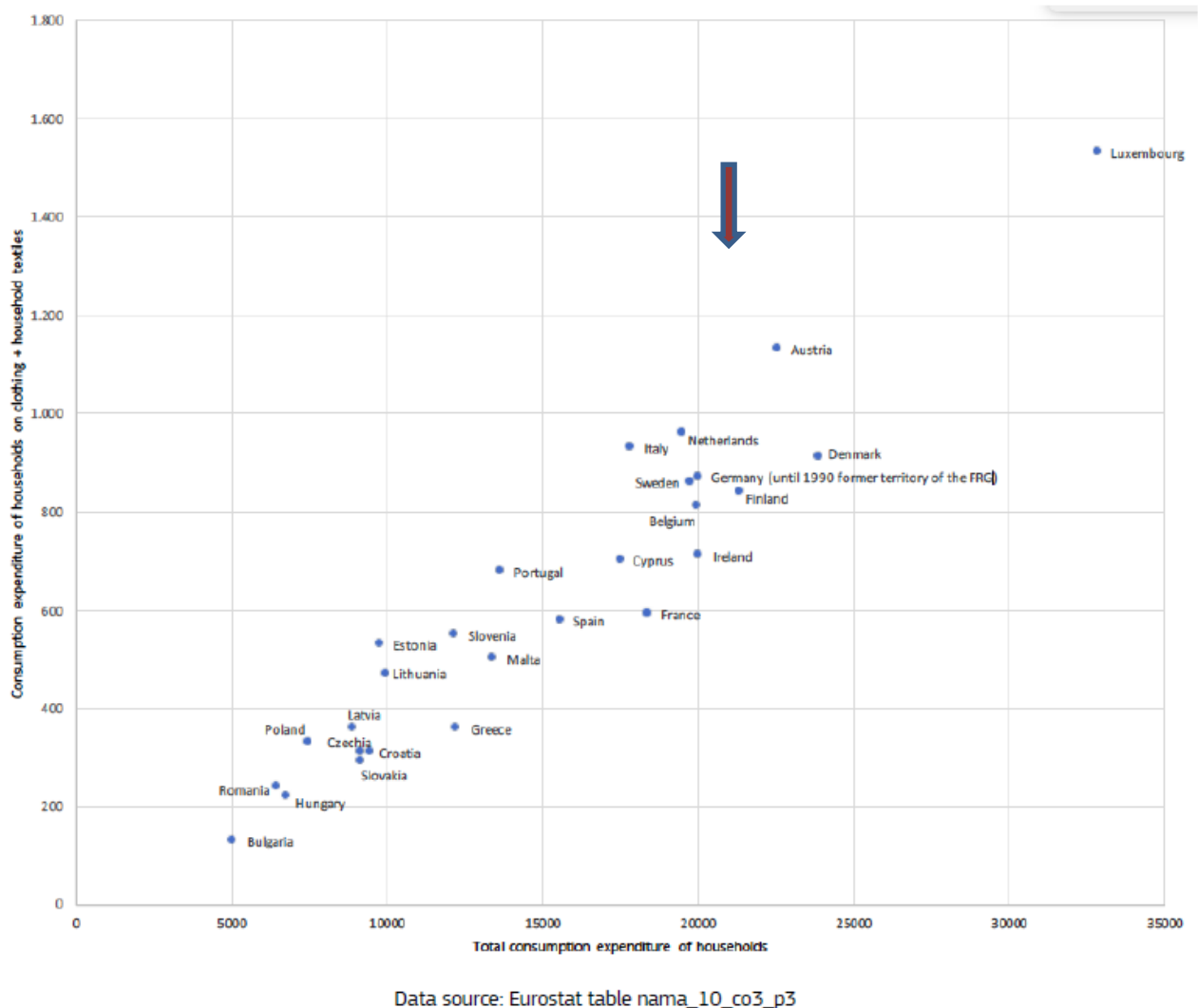


Abbildung 4: Konsumausgaben für Bekleidung in der EU Quelle: Eurostat, UBA)

Im Durchschnitt geben die EU-BürgerInnen rund 870 Euro pro Jahr für Kleidung aus. In Österreich waren es 2019 Euro 1 042 (vgl. Euratex 2020, S. 17, Statistik Austria 2020b, online). Österreich lag hier bei den Ausgaben nach Luxemburg europaweit an zweiter Stelle (vgl. Euratex 2020, S. 17).

Laut einer aktuellen Studie von Greenpeace besitzen ÖsterreicherInnen in der Altersgruppe 14 bis 69 im Durchschnitt 85 Kleidungsstücke (ohne Leibwäsche). 50 % der Kleidung wird nach 3 Jahren aussortiert (vgl. Greenpeace 2019, S. 2).

6.5. Aufkommen und Behandlung von Textilabfällen

Um das Potenzial für die Implementierung eines umfassenden Kreislaufwirtschaftssystems in Österreich abschätzen zu können, ist auch eine Betrachtung des Aufkommens der anfallenden Textilabfälle notwendig.

In der Studie „Aufkommen und Behandlung von Textilabfällen in Österreich“ des Umweltbundesamtes wurde eine Übersicht über das Aufkommen und die Behandlung von textilen Abfällen für das Jahr 2018 in Österreich erstellt. Die Studie beziffert das Aufkommen an textilen Abfällen in Österreich mit rund 221 800 t. Davon sind 51 095 t (23 %) „sortenreine“ Textilabfälle, die sich wiederum zu 44 697 t (88 %) aus „Stoff- und Geweberesten sowie Altkleidern“ zusammensetzen. Die restlichen 170 769 t (77 %) der Textilabfälle befinden sich in gemischten Abfällen. Hier relevant sind v.a. die Abfallarten „Siedlungsabfälle und ähnliche Gewerbeabfälle“ mit rund 88 000 t und „Sperrmüll“ mit 49 000 t an textilen Abfällen sowie „Abfälle aus dem medizinischen Bereich“ und „Altreifen und Altreifenschnitzel“ mit jeweils rund 12 000 t.

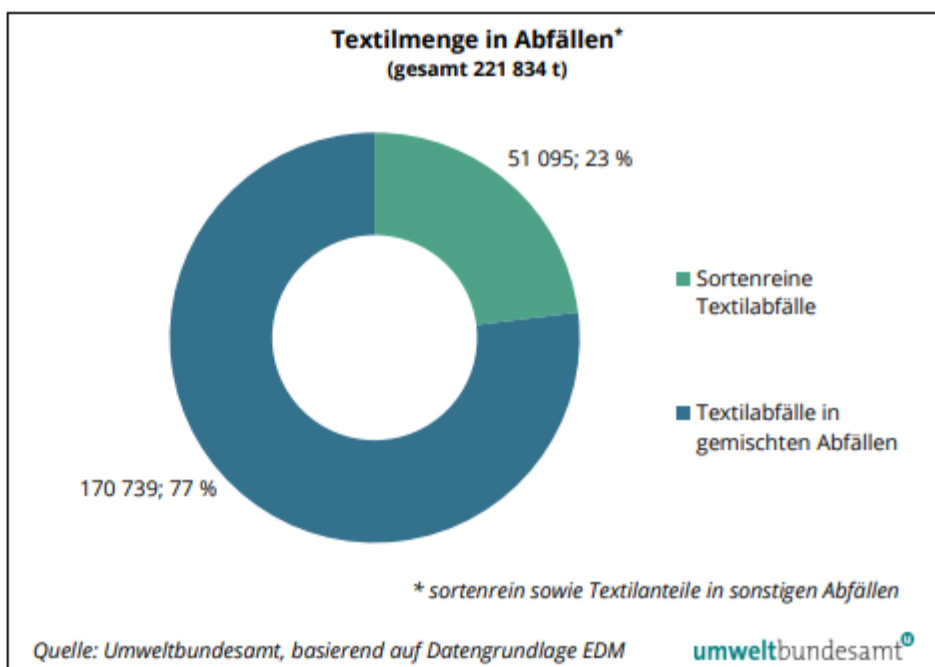


Abbildung 5 Verteilung sortenreiner Textilabfälle sowie Textilabfälle in gemischten Abfällen (Quelle: UBA, 2022).

Für eine potenzielle stoffliche Verwertung ist auch die Art der textilen Abfälle bzw. ihre Zusammensetzung relevant. Die Kategorien Bekleidung & Schuhe (43 %) und Haus- & Heimtextilien (38 %) zeichnen für den größten Anteil am Gesamtaufkommen verantwortlich. Eine untergeordnete Rolle spielen technische/industrielle Textilien (16 %) und Produktionsabfall (3 %) (vgl. Bernhardt et al 2022, S. 65)

Betrachtet man die Branchenherkunft der textilen Abfälle so zeigt sich, dass 61 %, d. h. 135 147 t aus Haushalten stammen und 22 % 48 862 t aus dem Bereich der Dienstleistungen (vgl. Bernhardt et al 2022, S. 66)

Auch die Autor:innen der UBA Studie gehen davon aus, dass durch eine forcierte getrennte Sammlung diese textilen Abfälle im höheren Ausmaß der Wiederverwendung oder der stofflichen Verwertung zugeführt werden könnten. Voraussetzung dafür wäre es, entsprechende Sammelsysteme und Recyclingkapazitäten in Österreich zu etablieren. (vgl. Bernhardt et al., 2022, S. 8)

6.6. Sammlung

In Österreich erfolgt die Sammlung von Alttextilien zum Großteil über ein Bringsystem (Containersammlung). Hier werden die ausgemusterten Textilien von den Verbraucher:innen zu öffentlich zugänglichen Depotcontainern gebracht. Holsysteme wie Haus- oder Sperrmüllsammlungen haben für Textilien in Österreich geringe Bedeutung.

Am Markt sind sowohl karitative Textilsammler wie Caritas und Volkshilfe als auch privatwirtschaftliche Textilsammler zu denen unter anderem Texaid, Öpula und die FCC Textil2Use GmbH gehören, vertreten. Kommunale Textilsammler sind in Wien und in Graz mit Altkleidercontainern vertreten. (vgl. Tragler 2019, 3f) Der größte Anteil (57 %) wird derzeit durch die karitative Sammlung erfasst (vgl. Bernhardt et al. 2022, S. 41).

Eine zunehmend bedeutende Rolle nimmt auch die Rücknahme von Altkleidern im Textileinzelhandel ein. Handelsketten wie H&M und C&A sammeln direkt in den Filialen. Die Unternehmen arbeiten hier mit externen Dienstleistern zusammen. Als Beispiel ist die Firma I:CO angeführt, ein Tochterunternehmen des deutschen Textilrecycling Unternehmens SOEX. Dieses Unternehmen exportiert rund 57 % der Eingangsmenge. Rund 30 % werden intern recycelt, zu Malervlies oder Dämmstoff verarbeitet oder an die Putzlappenindustrie verkauft (vgl. SOEX, online; Tragler 2019).

6.7. Sortierung und Verwertung der textilen Abfälle

Altkleider und Schuhe werden im Zuge der Sortierung für die Wiederverwendung und das Recycling vorbereitet. Die Tabelle im Anhang 4 bietet eine Übersicht, über die wichtigsten Sammler in Österreich, deren Sammelmengen, Sortierungs- und Verwertungsschienen.

Eine Sortierung erfolgt in Österreich nur von sozialökonomischen und karitativen Organisationen für den weiteren Verkauf in Second-Hand Läden. Etwas größere Sortierwerke existieren in

Österreich an zwei Standorten (Carla-tex in Vorarlberg/ Hohenems und Volkshilfe Basar in Oberösterreich/Linz). Hier erfolgt ebenfalls eine manuelle Sortierung vor dem Export.

Der Sortierprozess ist damit überwiegend in Länder mit niedrigem Lohnniveau ausgelagert, wobei österreichische Sammler vor allem in ost-, südost- und südeuropäische Länder sortieren lassen oder die Ware direkt an diese Sortierbetriebe weiterverkaufen.

Die steigenden Mengen und die sinkenden Qualitäten der Textilien haben in Österreich zu einem Kostenanstieg der Sortierung geführt. Gewerbliche Sammler wie beispielsweise ÖPULA liefern daher die gesamte gesammelte Ware zur Sortierung nach Italien. Andere Unternehmen wie die FCC Textil2Use verkaufen die Ware direkt an Sortierbetriebe in Süd- und Osteuropa weiter. Die Texaid AG ist ebenfalls als kommerzieller Sammler in Österreich aktiv und betreibt moderne Sortieranlagen u. a. in Deutschland und der Schweiz.

Caritas und Volkshilfe sind karitative Organisation, die in Österreich eine eigene Sammlung und Sortierung betreiben. Altkleiderverwertung ist hier ein Teil der Beschäftigungsinitiativen dieser Organisationen. Zum Teil werden die Altkleider in Carla-Läden oder Volkshilfe-Läden weiterverkauft, um mit dem Erlös soziale Projekte zu unterstützen, vieles wird gratis abgegeben. Diese Organisationen verfolgen vor allem das Ziel, dass die gespendeten Altkleider bedürftigen Menschen zu Gute kommen. (vgl. Tragler 2019, S. 4)

Eine Untersuchung des Umweltbundesamts zur Verwendung von Textilien aus der Containersammlung von Humana im Jahr 2019 hat für Österreich folgendes Bild ergeben: etwas mehr als 67 % der Alttextilien können der Kategorie Weiterverwendung zugeordnet werden, wobei 15 % in Europa und 53 % auf globalen Second-Hand Märkten weiterverkauft werden. 23 % der gesammelten Alttextilien werden dem Recycling und rund 10 % der Kategorie Abfallbeseitigung zugeordnet. Diese Ergebnisse wurden auch von den RepaNet-Mitgliedsbetrieben bestätigt. Die Kategorie Wiederverwendung enthält auch jenen Anteil, der in den österreichischen Shops verkauft wurde – 10,5 % laut RepaNet Marktbericht, das zeigt, dass für einen Großteil der gesammelten Altkleider nur ein kleiner Markt in Österreich vorhanden ist. (vgl. Bernhardt et al. 2019, S. 14; RepaNet 2020)

Aus der aktuellen UBA Studie (Bernhardt et al., 2022) ergibt sich 2018 für die getrennt gesammelte Menge von 44 697 t an Alttextilien (SN 58107) für die einzelnen Verwertungsschienen in etwa folgendes Bild: Rund 16 074 t gesammelte Alttextilien wurden in Österreich der Vorbereitung zur Wiederverwendung zugeführt, davon wurden 6 647 t einer Wiederverwendung zugeführt, 9 427 t stofflich verwertet und 601 t energetisch verwertet. 23 000 t wurden zu Sortierung in das Ausland exportiert, wobei 15.400 t wiederverwendet 5 300 t stofflich und 2 200 t energetisch verwertet wurden, erfasst. (vgl. Bernhardt et al. 2022, S. 11f)

Die Alttextilien, die nicht einer Wiederverwendung zugeführt werden, werden zu einem Großteil nicht in Österreich recycelt (siehe Übersicht im Anhang 4), die Alttextilien werden entweder direkt an Sortierbetriebe in das Ausland verkauft, oder Sortierung und Verwertung werden an einen externen ausländischen Dienstleister übertragen.

Die textilen Abfälle aus der getrennten Sammlung von Gewerbe und Industrie (2018: rd. 14 700 t) bestehen vor allem aus Stoff- und Gewebereste der textilver- und -bearbeitenden Industrie

(Naturfasern, Mischgewebe, Synthefasern, Schnittreste, Gestrick- und Gewebereste und Garne) und enthalten nur in sehr geringen Mengen auch Altkleider. Rund zwei Drittel der Abfälle aus der Textilindustrie (Strickereien, Wirkereien, Webereien, Ausrüstungs- und Konfektionsbetriebe) werden einer stofflichen Verwertung zugeführt, der Rest wird energetisch verwertet (vgl. BMLFUW 2013, S. 58). Bei einem Aufkommen von rund 15 000 t werden somit etwa 10.000 t stofflich verwertet.

Im Jahr 2018 wurden von den rund 221 000 t Textilabfälle, die in Österreich erzeugt wurden, 170 042 (77 %) energetisch verwertet, 22 083 (10 %) wiederverwendet, 15 071 t (7%) stofflich verwertet und 13 365 (6 %) wurden beseitigt (deponiert oder im Ausland ohne Energiegewinnung verbrannt) (vgl. Bernhardt et al. 2022, S. 8)

Nach diesem Schlüssel ergibt sich eine Menge von rund 170 000 t textiler Abfälle, die pro Jahr in Österreich verbrannt werden. Durch die energetische Verwertung geht ein hohes Recyclingpotenzial und damit wertvolle Rohstoffe für den Stoffkreislauf und damit auch Sekundärrohstoffe für die Industrie verloren. Die Zahl soll nicht als valide Zahl für ein gesamtes theoretisches Recyclingpotenzial gelten, da hier Faktoren wie notwendige Ausschleusung von Gefahrenstoffen oder jene Anteile, für die eine thermische Verwertung - beispielweise aufgrund starker Verunreinigungen - sinnvoller ist, berücksichtigt werden müssen.

Die Studie des UBA zeigt auf, dass in Österreich aufkommensseitig durchaus Potenzial gegeben ist den Abfallstrom der textilen Abfälle verstärkt zu nutzen. Durch einen Ausbau der getrennten Sammlung und einer adäquaten Sortierung können diese im höheren Ausmaß der Wiederverwendung bzw. der stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Für die verstärkte stoffliche Nutzung der textilen Abfälle ist die Implementierung von (semi-) automatisierten Sortieranlagen notwendig, da nur so textile Abfälle ausreichend klassifiziert werden können. Eine entsprechende Sortierung kann in weiterer Folge zu besser planbaren bzw. sortenreinen Inputs für Recyclinganlagen zur Verfügung stehen. Weiters empfohlen wird eine getrennte Sammlung in eine für Wiederverwendung geeignete und eine für Wiederverwendung nicht-geeignete Alttextilien-Fraktion um die Gesamteffizienz des Systems zu erhöhen (vgl. Bartl et al. 2021, S. 82).

6.8. Bestimmungsfaktoren der stofflichen Verwertung von Alttextilien

Die stoffliche Verwertung von Textilien und damit Strategien zur Umsetzung einer zirkulären und nachhaltigen Wirtschaftsweise ist zum einen von der eingesetzten Faser, zum anderen von der Technologie abhängig, mit welcher die Fasern zur textilen Fläche weiterverarbeitet wurden. Man unterscheidet Non-Wovens (Vliese, Filze, Fadengelege), Webwaren (Gewebe, Nähgewebe) und Maschenwaren (Gewirke, Gestricke) (vgl. Sobek und Speth 1993, S. 76; Arnold et al. 2019).

Die Qualität und Zusammensetzung der Faser eines Textils ist von grundlegender Bedeutung für die Möglichkeiten des Recyclings. Da Polyesterfasern und Baumwollfasern die Faserarten darstellen, die in den Textilherstellung am häufigsten eingesetzt werden, wird bei der Good Practice Analyse auf jene Recyclingtechnologien fokussiert, die diese Fasern verarbeiten können.

Die Weichen dafür ob, ein Produkt einem hochwertigen Recycling zugeführt werden kann, werden bereits in der Designphase der Textilien gestellt. Um Kreislaufwirtschaft in der Textilindustrie zu realisieren, ist neben der Verlängerung der Produktlebensdauer auch Transparenz entlang der Wertschöpfungskette ein zentraler Faktor. Wesentlich für ein hochwertiges Recycling sind aber auch die vorgelagerten Prozesse, also Sammlung (inkl. entsprechender Lagerung) und Sortieren der Textilien. In den Sortieranlagen müssen Produkte und ihre Materialien für das F2F-Recycling identifiziert werden können. Die Etiketten der Kleidungsstücke enthalten vielfach nur unzureichende Informationen welche Fasern und Chemikalien enthalten sind. Das Wissen um die Zusammensetzung der Textilien ist ein Schlüssel, um diese hochwertig recyceln zu können (vgl. Haegglom und Palmer 2019, S. 3).

Die Designphase wie auch die Nutzungsphase sind zentraler Ansatzpunkt der Kreislaufwirtschaft. Diese Phasen werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit jedoch nicht näher betrachtet, da der Fokus hier auf der End of Life Phase liegt.

6.9. Optionen der stofflichen Verwertung von Alltextilien

Unterstehende Abbildung bietet eine Übersicht über unterschiedliche Optionen für die Verwertung von Textilien.

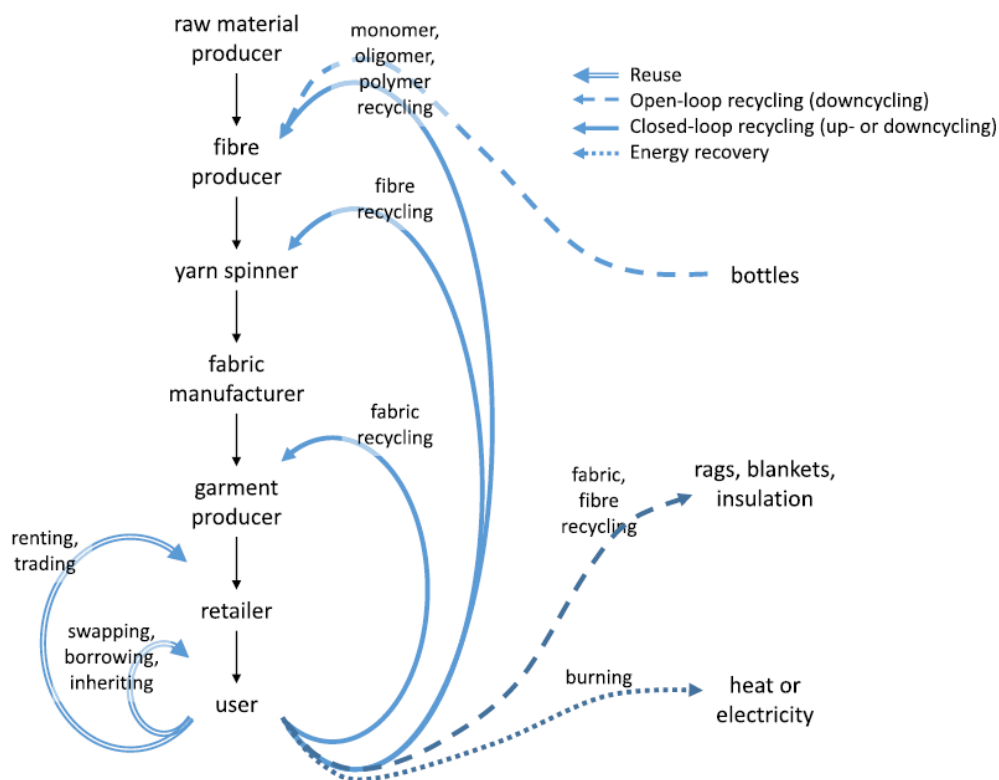


Abbildung 6: Beispiele für Verwertungswege von Textilien (Quelle: Sandin & Peters 2018)

Im Folgenden werden die Möglichkeiten der stofflichen Verwertung von textilen Abfällen dargestellt, die das Potenzial haben ein closed-loop Recycling zu ermöglichen.

6.9.1. Mechanisches Recycling

Mechanisches Recycling ist ein auf physikalischen Kräften beruhendes Verfahren, das für das Stoff- oder Faserrecycling eingesetzt werden kann (vgl. Colignon 2021, S. 9). Textile Faserstoffe, deren Herstellung aus Alttextilien oder textilen Produktionsabfälle erfolgt, werden Reißfasern genannt. Alttextilien werden zerrissen, wobei es gelingt auch längere Fasern zurückzugewinnen und diese wieder zu Garn zu verspinnen (vgl. Fuchs und Albrecht 2012, S. 12).

Die Vielfalt der für die Bekleidungstextilien eingesetzten Stoffe, aber auch deren spezifische Eigenschaften stellen für das Recycling eine besondere Herausforderung dar. Störstoffe wie Beschichtungen oder Imprägnierungen oder die Zumischung von hochelastischen Garnen, Applikationen oder neue Hochleistungsmaterialien beeinträchtigen den Reißprozess negativ. Sekundärmaterialien aus dem mechanischen Recycling können vor allem in folgenden Bereichen eingesetzt werden (vgl. Dönnebrink 1998, S. 112f):

- Für die **(Streich-) Garnherstellung** aus Reißfasern werden farblich sortierte Materialien eingesetzt. Hier können auch hochwertige Garne hergestellt werden, die Bekleidung oder Haus - und Heimtextilien zur Anwendung kommen können. Mischgarne werden häufig in technischen Anwendungen eingesetzt.
Aus mechanischen Recyclingprozessen ergibt sich ein Anteil an spinnbaren Fasern, d.h. Fasern, die lang genug sind, um wieder zu Garn versponnen zu werden. Dieser liegt bei 5-20% des Inputmaterials bei Naturfasern (z.B. Baumwolle) bei einem Anteil von 25-55% des textilen Materialeinsatzes bei Polycotton oder Polyester (vgl. Colignon 2021, S. 9).
- **Putz-, Polster und Isolierwatten** werden über einen verkürzten Reißprozess aufbereitet. Inputmaterial kommt vor allem aus der Garn- und Zwirnproduktion. Für Putzwolle ist ein hoher Baumwollfaseranteil (70%) wesentlich, um die Saugfähigkeit zu gewährleisten. Bei Polsterwollen (z.B. Autositzunterlagen, Füllungen für Matratzen) werden vorwiegend Synthefasern eingesetzt. Isolierwatte kann als Dämmmaterial eingesetzt werden.
- **Putzlappen** für die Industrie können ohne Auflösung des Faserverbundes durch Schneiden hergestellt werden. Auch hier ist ein hoher Zellulosefaseranteil notwendig.
- Für **Textilschnitzel** werden Alttextilien in kleine Stücke zerschnitten und kommen in einem nicht textilen Anwendungsbereich beispielweise als Verstärkungsmaterial in Mörtel oder Zement zum Einsatz.
- Der Einsatz von Alttextilien für die **Papier- und Pappeherstellung** ist stark zurückgegangen. Sie kommen in Dachpappe und Banknoten bzw. im Künstlerbedarf zur Anwendung.

Textile Produktionsabfälle werden im Vergleich zu Alttextilien bevorzugt in Recyclingprozessen eingesetzt, da diese sortenrein bzw. definiert vorliegen und nicht durch Störstoffe kontaminiert sind. Hochwertiges Recycling von Alttextilien ist neben den vorher genannten Gründen auch deshalb schwierig, da es im Recyclingprozess zu einer Faserverkürzung im Alttextil kommt. Kritisch betrachtet werden muss die Anreicherung von Chemikalien durch die Ausgangsmaterialien, deren Zusammensetzung und Einsatzmenge den Recyclingunternehmen häufig nicht bekannt ist.

6.9.2. Rohstoffliches Recycling

Das physikalische Recycling und das chemische Recycling stellen unterschiedliche Arten des rohstofflichen Recyclings dar. Beim physikalischen Recycling werden synthetische Textilabfälle zerkleinert, aufgeschmolzen und regranuliert. Beim chemischen Recycling werden die Moleküle aufgelöst und in ihre Einzelteile zerlegt (depolymerisiert). Damit kann neues Fasermaterial entstehen, das grundsätzlich die gleichen Eigenschaften wie das Ausgangsmaterial besitzt. Damit kommt es zu keinem Downcyclingprozess und der Recyclingvorgang kann über mehrere Zyklen erfolgen (vgl. Dönnebrink 1998, 116f).

Im Folgenden werden Verfahren für das chemische Recycling beschrieben, die Baumwolle, oder PET bzw. PET und Baumwolle aus Polycotton-Mischungen zurückgewinnen können (vgl. Colignon 2021, S. 11f):

Im Zuge des **Polymer-Recyclings von Baumwolle** kann Zellstoff durch verschiedene Aufschlussverfahren (Sulfat, Sulfid und schwefelfrei) gewonnen werden. Die Zellulose kann aus verschiedenen Quellen (z. B. Holz, Baumwolle, Viskose, Pappe) verwertet werden, wobei ein Baumwollanteil von mindestens 50 % vorteilhaft ist. Je höher der Baumwollanteil im Inputstrom ist, desto weniger Chemikalien sind für den Aufschlussprozess erforderlich und desto wirtschaftlicher ist das Recycling. Einige Technologien sind in der Lage, PET von Baumwolle zu trennen, doch ist dies aufgrund der zusätzlichen Trenn- und Reinigungsschritte, die durchgeführt werden müssen, derzeit wirtschaftlich weniger attraktiv. Die Verwendung von sortierten Textilabfällen ist sehr wichtig, da die Effizienz des Recyclingprozesses in hohem Maße von der Reinheit des Ausgangsmaterials abhängt. Der Output Zellstoff kann als Input für ein Viskose- oder Lyocellverfahren verwendet und mit Holzzellstoff gemischt werden, bevor er in einem herkömmlichen Spinnverfahren für zellulosische Chemiefasern verarbeitet wird. Derzeit können bis zu 50 % des Zellstoffs aus Holz ersetzt werden. Einige Technologien sind jedoch auch in der Lage 100 % Abfälle verarbeiten, diese Prozesse sind derzeit jedoch nicht wirtschaftlich.

Werden die Polymerketten in Monomere zerlegt, spricht man von **Monomer-Recycling**. PET-Materialien (oder auch PA6) werden mit verschiedenen Technologien und unter unterschiedlichen Reaktionsbedingungen (Temperaturen/Druck/Zeit/Katalysatoren) depolymerisiert, zum Teil nachdem das Polymer zuvor aufgelöst wurde. Die verwendeten Lösungsmittel sind in der Regel Wasser (Hydrolyse), Alkohole (Methanolyse) oder Glykole. Die enzymatische Depolymerisation ist eine relativ neue Entwicklung. Dieses biochemische Recyclingverfahren ermöglicht es, alle PET Kunststoffe auch in Fasermischungen zu recyceln und zu hochreinem neuwertigen PET zu repolymerisieren. Die Effizienz des chemischen Recyclings von Kunstfasern hängt stark von der Reinheit des Ausgangsmaterials ab. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte der PET- oder PA6-Gehalt des Ausgangsmaterials etwa 80-90 % betragen.

Auch für das **Recycling von Polycotton-Mischungen** können verschiedene Verfahren eingesetzt werden, die sowohl Baumwolle als auch PET aus Polycotton-Mischungen zurückgewinnen können. Eine Methode wendet lösungsmittelbasierte Auflösungs- und Filtrationsprozesse an, um die verschiedenen Materialien zu trennen und die gewünschten Komponenten zu extrahieren. Im wesentlichen sollten die Polymerketten unberührt bleiben, daher wird diese Methode als **Polymer-Recycling** bezeichnet. Die zurückgewonnene Zellulose kann in einem typischen Zellstoff- und Nassspinnverfahren eingesetzt werden, während die PET-Polymere weitgehend intakt bleiben.

Ein zweiter Technologietyp besteht aus einem **hydrothermalen** Ansatz zum (teilweisen) Abbau von entweder Baumwolle oder PET oder beidem. Diese Verfahren beruhen auf Wasser, Druck, Temperatur und grüner Chemie, wobei das Endergebnis von dem jeweils angewandten Verfahren abhängt. Die verschiedenen hydrothermalen Technologien befinden sich ungefähr bei TRL 6 bis 7.

Eine dritte Methode konzentriert sich auf den (teilweisen) Abbau von Baumwolle aus Polycotton-Mischungen über einen **enzymatischen** Weg (d. h. biochemisches Recycling), wobei Glukose, Zellulosepulver und PET-Fasern entstehen. Der Glukosesirup kann für andere industrielle Anwendungen genutzt werden, z. B. für die Herstellung von Kunststoffen, Tensiden und Chemikalien.

7 Good Practices für textile Kreisläufe

Für eine Entwicklung der Textilindustrie in Richtung Kreislaufwirtschaft liegt großes Potenzial im „closed-loop Recycling“, bei dem Alttextilien für das F2F-Recycling erfasst werden und die recycelten Fasern auch wieder für textile Produkte eingesetzt werden (vgl. WRAP 2019, S. 12).

Im folgenden Kapitel werden Good Practices für textile Kreisläufe mit Fokus auf wichtige aufkommende Recyclingtechnologien in Europa vorgestellt und analysiert. Der Schwerpunkt wurde dabei auf jene Technologien gelegt, die dazu beitragen können, steigenden Mengen der textilen Abfälle hochwertig zu verwerten. Diese Auswahl wurde getroffen da mit einem Anstieg der zu recycelnden Alttextilien gerechnet wird, da:

- der Textilkonsum generell steigt, aber die Qualitäten sinken und damit die Potenziale für Wiederverwendung.
- eine Marktsättigung am Second-Hand Markt feststellbar ist und auch die Nachfrage nach Textilien von minderer Qualität sinkt und es zunehmenden Importbeschränkungen für Alttextilien in Drittländern gibt.
- die bisherige getrennte Sammlung vor allem auf tragbare Kleidung fokussierte. In Zukunft müssen auch Gebrauchstextilien wie Vorhänge und Bettwäsche getrennt gesammelt werden. Damit ist auch eine andere Zusammensetzung der getrennt gesammelten Alttextilien zu erwarten, da zukünftig auch nicht mehr tragbare Textilien nicht mehr im Restmüll entsorgt werden und damit das Qualitätsniveau der Sammelware insgesamt sinken wird.

In einem ersten Schritt wurden für die Analyse Good Practice Beispiele für aktuell verfügbare Recyclingtechnologien gesammelt, die ein hochwertiges Closed Loop-Recycling ermöglichen und nicht zu einem Downcycling des Materials führen. Der gesamte Überblick über die derzeit wichtigsten aufkommenden Recyclingtechnologien ist im Anhang 5 angeführt. Aus dieser Sammlung wurden jene Good Practices ausgewählt, die räumlich in Europa verortet sind.

Baumwolle und PET in Monofasergeweben und Polycotton-Mischungen sind jene Faserarten, die derzeit das größte F2F-Recyclingpotenzial bieten. Im Folgenden werden daher Beispiele für Good Practices für Recyclingverfahren in Europa dargestellt, die die derzeit bedeutendsten Faserarten (PET oder/und Baumwolle bzw. Mischfasern) als Input bearbeiten können. Es wurden jene Verfahren für eine nähere Analyse ausgewählt, deren Markteinführung zumindest die Pilotphase erreicht hat.

Die Analyse der Beispiele erfolgt überwiegend qualitativ anhand folgender Kriterien (in Anlehnung an Rex et al. 2019): TRL/Verfügbarkeit am Markt, Input (Rohstoff und dessen Verfügbarkeit), Output (Qualität, Art des Outputs, für welche Produkte einsetzbar) Umweltpotenzial, Kosten/Wirtschaftlichkeit.

In Tabelle 3 werden zunächst jene ausgewählten Good Practices für Recyclingverfahren dargestellt, die als Inputmaterial Textilien aus PET oder Mischgeweben (PET und Baumwolle) verarbeiten können.

Tabelle 3: Good Practices für Recyclingverfahren - Inputmaterial Alttextilien aus Polyester oder Mischgeweben
 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis des Fibersort Projektes , Literaturverweise Websites siehe Tabelle im Anhang 5)

| Technologie | TRL/Staus der Umsetzung | Technologiebeschreibung/Prozessschritte | Umweltpotenzial | Kosten | Input | Output |
|--|---|---|--|---|--|---|
| Filatures du parc Frankreich Mechanisches Recycling | Am Markt verfügbar, Anlage mit einer Produktionskapazität von 3 650 t/a | Alttextilien werden nach Farben sortiert, Applikationen werden entfernt und Textilien werden zerkleinert. Anschließend werden die Fasern in einem aufwendigen Prozess mit ebenfalls recycelten PET, welches aus alten Plastikflaschen gewonnen wird, vermischt und zu einem neuen Garn verzwirnt. | +60% Reduktion von CO ₂ , lt. Firmenangaben 98% weniger Umweltwirkungen (kein Wasser und Chemikalieneinsatz im vergl. zu nicht recyceltem Garn) | derzeit noch geringe Kapazität, daher hohe Kosten | Baumwolle und PET Mischgewebe und gemischte Produktionsabfälle, auch post-consumer Denim | hohe Qualität, recycelte Fasern haben 95% der Originallänge, 10 unterschiedliche Garne, die für Bekleidung und für industrielle Anwendungen eingesetzt werden können - interessant hier der Bereich technische Textilien, z.B. Jeans aus 50% recyceltem Garn und 50% recyceltem Denim |
| Södra (OnceMore®) Schweden Chemisches Recycling | TRL 7, derzeit Pilotanlage, 2020 wurden 300 t verarbeitet, im Jahr 2025 sollen 25 000 t Alttextilien verarbeitet werden | PET wird entfernt, Recycling zu Pulpe, Zellstoffbrei aus Baumwolle, reine Baumwollfasern werden dann zu Textilzellstoff auf Holzbasis hinzugefügt | +bis zu 20% Alttextilien können eingesetzt werden, (Ziel 50%) +Einsparung von Primärmaterial, | derzeit noch geringe Kapazität, daher hohe Kosten | breite Palette an Inputs möglich, Alttextilien, Baumwolle und Mischfasern (Mischungen aus z.B. 75% Baumwolle | Hohe Qualität, derzeit Viskose oder Lyocell-Fasern für Bekleidung, in Zukunft ist auch die Verwertung des Polyesters geplant |

| Technologie | TRL/Staus Umsetzung | Technologiebeschreibung/Prozessschritte | Umweltpotenzial | Kosten | Input | Output |
|---|--|---|---|---|--|--|
| | | | -hoher Energieeinsatz notwendig | | und 25% PET), Post Consumer Abfall; derzeit können nur ungefärbte weiße Textilien verarbeitet werden hohe Verfügbarkeit | |
| Wolkat Niederlande Mechanisches Recycling | Am Markt verfügbar, Verarbeitungskapazität von 30 000t/a | Sortierung nach Farben, Entfernen der Applikationen, Reißverschlüsse, Etiketten etc. Schneiden, Mahlen, Reißen, Vergarnen | + neues Garn enthält 65 - 95% Alttextilien, Ersatz von Primärfaser + Recycling ohne Wassereinsatz und Chemikalien | k.A. | Alttextilien aus Baumwolle, Polyester, Acryl, Mischfasern post-consumer Abfall v.a. Matratzen | Stoffe für Bekleidung Heimtextilien v.a. Matratzen technische Textilien Vliese für technische Textilien |
| Worn Again Großbritannien Chemisches Polymer Recycling | TRL 7, Pilotanlage wurde 2020 eröffnet, Demonstrationsanlage wird in der Schweiz 2022 mit einer Kapazität von 1 000 t/a gebaut werden | Trennung und Wiedergewinnung von Polyester und Baumwolle. Recyclingtechnologie ist in der Lage, Polyester und Zellulose (aus Baumwolle) von nicht wiederverwendbaren Textilien und Polyesterflaschen und -verpackungen zu trennen, zu dekontaminieren und zu extrahieren, um duale PET- und Zellulose- Outputs zu produzieren. | + Energieeinsparung im Vergleich zu anderen Technologien, da keine Depolymerisation in Monomere, Einsparung von Primärmaterial - dennoch hoher Energieverbrauch | - hohe Kosten (höher als Primärmaterial) – wirtschaftl. Rentabilität erst mit größeren Kapazitäten erreichbar | breite Palette an Inputs möglich; post-consumer Textilabfall aus Polyester und Baumwolle, Viskose und Mischgeweben, PET Flaschen, Verpackungsabfälle , hohe Verfügbarkeit | Hohe Qualität, Zellulosepulpe und Polymer-Pellets für Garne, Stoffe und Bekleidung |

Chemisches Recycling von Polymerfasern ist ein Verfahren, das heute schon für Verpackungsabfälle praktiziert wird. Diese Recyclingfasern können auch in der Textilproduktion eingesetzt werden. Der Prozess verlangt allerdings eine hohe Reinheit des Inputmaterials und ist damit vor allem für post-consumer Alttextilien zurzeit nur eingeschränkt umsetzbar. Recycling Technologien v.a. für Polyesterfasern befinden sich derzeit noch überwiegend im Entwicklungsstadium.

Die Recherche zeigt, dass die Pilotanlage von Worn Again derzeit die einzige Pilotanlage in Europa ist, die Recycling von PET über chemisches Recycling in Form eines closed-loop Recycling durchführt⁴. Die Möglichkeit der parallelen Wiedergewinnung von PET-Pellets und Zellstoff und deren Inwertsetzung wirkt sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens aus. Recyclingverfahren, die mit einer Vielfalt an Rohstoffen arbeiten können, sind in Hinblick auf die Rohstoffverfügbarkeit im Vorteil gegenüber jenen Verfahren, die auf eine hohe Sortenreinheit der Inputfaktoren achten müssen. Ein weiterer Vorteil ist wie bei allen chemischen Recyclingverfahren, dass hier Stör- und Schadstoffe im Rahmen des Recyclings entfernt werden und die Recyclingprodukte auch wieder für die Textilindustrie einsetzbar sind. Eine Demonstrationsanlage mit einer Kapazität von 1 000 t/a soll 2022 in der Schweiz errichtet werden.

Mit Hilfe der Technik von Södra (OnceMore) können ebenfalls Baumwolle und Polyester in Polycotton-Mischungen getrennt werden. Die reinen Baumwollfasern werden dann zu Textilzellstoff auf Holzbasis hinzugefügt, der danach zur Herstellung neuer Textilien verwendet werden kann. In der Pilotanlage von Södra sind zwar als Inputmaterial Mischungen aus Baumwolle und PET möglich, allerdings wird die PET-Fraktion entfernt und nur Zellstoff aus Baumwolle zurückgewonnen. Derzeit können auch nur ungefärbte Textilien verarbeitet werden. In Hinblick auf die Rohstoffverfügbarkeit ist es hier vorteilhaft, dass für den Prozess eine Palette an Inputs möglich ist, die nicht auf Alttextilien beschränkt ist. Auch Holz oder Papier können hier eingesetzt werden. Södra ist 2021 auch eine Kooperation mit Lenzing eingegangen und plant bis 2025 eine Verarbeitungskapazität von 25.000 t zu erreichen.

Filatures du Parc und Wolkat sind Beispiele für Unternehmen, die über mechanisches Recycling auch Mischgewebe zu Recyclinggarnen verarbeiten können, die wiederum für Alttextilien eingesetzt werden. Klare Vorteile liegen hier im niedrigeren Energieverbrauch und v.a. darin, dass hier keine Chemikalien bzw. Wasser im Produktionsprozess eingesetzt werden müssen. Nachteilig für die Qualität des Recyclingprodukts kann sich bei den mechanischen Recyclingverfahren die Verkürzung der Faserlänge auswirken sowie das Vorhandensein von Schadstoffen. Die Wirtschaftlichkeit der Prozesse hängt wesentlich von dem Verkaufspreis ab, der für die Recyclingfaser erzielbar ist und vom Preis und der

⁴ In China existiert seit 2012 eine Anlage die über Depolymerisation auch PET Garne, die ebenfalls für die Textilproduktion (Closed-loop) eingesetzt werden können, herstellt. Diese wurde nicht in die Aufstellung ausgenommen, da hier nur Good Practices auf den europäischen Raum miteinbezogen wurden.

notwendigen Menge an Primärfasern, die für die Stabilität der Recyclingfasern eingesetzt werden muss.

Ein biochemisches Verfahren, das sich mit dem enzymatischen Faserrecycling von Mischtextilien auseinandersetzt mit dem Ziel PET zurückzugewinnen, war das österreichische Projekt Tex2Mat. Mit dem Einsatz von Enzymen konnte aus Polyester-Baumwollgemischen der Baumwollanteil herausgelöst werden und so Polyesterfasern in hoher Qualität dem Produktionsprozess wieder zugeführt werden. Die Forschungsarbeiten werden derzeit in drei EU-Projekten weitergeführt.

In Tabelle 4 werden jene ausgewählten Good Practices für Recyclingverfahren dargestellt, die Textilien aus Baumwolle als Inputmaterial verarbeiten können.

Tabelle 4: Good Practices für Recyclingverfahren, die als Inputmaterial Textilien aus Baumwolle verarbeiten können(Quelle eigene Darstellung)

| Technologie | TRL/Status der Umsetzung | Technologiebeschreibung/ Prozessschritte | Umweltpotenzial | Kosten | Input | Output |
|---|--|---|---|---|---|---|
| RefibraTM Österreich Chemisches Recycling | am Markt verfügbar, industrielle Mengen können bereitgestellt werden | Als Rohstoff werden neben dem Holzzellstoff bis zu einem Drittel Zellstoff aus Zuschnittresten aus der Produktion von Baumwollbekleidung bzw. auch Alttextilien aus Baumwolle eingesetzt. Das Baumwollmaterial wird zu Zellstoff recycelt, der mit Faserzellstoff gemischt wird, um eine hochwertige Lyocellfaser herzustellen. Im Gegensatz zum Viskoseverfahren wird das organische Lösungsmittel N-Methylmorpholin-N-Oxid (NMMO) verwendet, um den Zellstoff ohne chemische Veränderung direkt aufzulösen. | Primärrohstoff Holz kann eingespart werden, Material hat die gleichen Eigenschaften wie Ausgangsmaterial; 95% Einsparung von Wasser, Lyocell-Verfahren generell nachhaltig, da nur zwei Verfahrensstufen und nicht-toxisches Lösungsmittel; 99% des Lösungsmittels sowie das verwendete Wasser können im Kreislauf geführt werden; Faser ist biologisch abbaubar, keine Mikroplastikfreisetzung durch Waschvorgang oder bei Entsorgung. | hohe Kosten (höher als bei Gewinnung aus Primärrohstoff Holz) | v.a. pre-consumer waste, derzeit max. 30 % post consumer Alttextileinsatz möglich 50% wird für 2025 angestrebt | Hohe Qualität, Garn für Stoffe, für Bekleidung, Haus- und Heimtextilien |

| Technologie | TRL/Status der Umsetzung | Technologiebeschreibung/ Prozessschritte | Umweltpotenzial | Kosten | Input | Output |
|--|---|---|--|--------|---|--|
| Infinited Fiber / Infinna™ Finnland Chemisches Recycling | Am Markt verfügbar Patentierte Technologie, zwei Pilotanlagen in Finnland mit einer Kapazität von 150 t/a Anlage mit 30.000 t soll 2024 eröffnet werden | Prozessschritte: Sortierung der Alttextilien, Nichtfaserige Materialien wie Knöpfe, Reißverschlüsse usw. werden entfernt, Textilien werden in kleine Fetzen zerkleinert. Zellulose-basierte Fasern werden von Fasern wie PET und Elasthan getrennt. Zellulosecarbamidverfahren: Cellulosefasern werden mit Harnstoff aktiviert und es entsteht ein stabiles, auflösbares Cellulosecarbamid-Pulver. Unabhängig vom Ausgangsstoff (Papier, Stroh, Alttextilien etc.), bildet sich das gleiche Zwischenprodukt (Pulver), ab diesem Zeitpunkt ist eine Mischung möglich. Pulver wird in Flüssigkeit übergeführt, wodurch Verunreinigungen herausgefiltert werden. Anschließend werden über das Nassspinnverfahren neue Faserfilemate hergestellt. | Primärrohstoff wird eingespart. Keine gefährlichen Chemikalien kommen zum Einsatz (Vermeidung von Schwefelkohlenstoff). Im Vergleich zu nativer Baumwolle verringert die neue Technik auch den Wasser-Fußabdruck um mehr als 70 % und die Klimabilanz um 40 - 50 % pro t. Gleiche Qualität wie Viskose Fasern. Biologisch abbaubar, endlos recycelbar, keine Mikroplastik-Freisetzung | k.A. | pre-consumer waste, textile Abfälle aus der Industrie und post- consumer waste mit hohem Baumwollanteil, breite Palette von zellulosereichen Materialien (auch baumwollreiche Textilabfälle, Pappe, Papier, Weizen- oder Reisstroh - kann als Ausgangsmaterial verwendet werden), damit hohe Verfügbarkeit der Rohstoffe | Naturfasern/Garn für Stoffe und Bekleidung, Haustextilien |

| Technologie | TRL/Status der Umsetzung | Technologiebeschreibung/ Prozessschritte | Umweltpotenzial | Kosten | Input | Output |
|--|---|--|--|--------|--|--|
| Re:newcell/ Circulose Schweden Chemisches Recycling | Am Markt verfügbar Anlage mit einer Kapazität von 7 000 t Zellstoff in Betrieb. Fabrik mit einer Kapazität von 60 000 t in Planung. | Altkleider werden zerkleinert, Applikationen entfernt, der zellulosehaltige Anteil der Textilien wird chemisch abgetrennt, in einer Alkalilösung aufgelöst und schließlich filtriert. Kunstfasern werden abgetrennt. Diese Pulpe wird anschließend in viereckigen Platten getrocknet. Am Ende bleibt ein fester Zellstoff aus 100 % recycelten Textilien übrig. Der Recyclingprozess ist mit den im Kreislauf befindlichen Fasern bis zu sieben Mal wiederholbar. Aus dem Baumwoll-Zellstoff können im Spinnverfahren neue Fasern hergestellt werden, die sich für die Massenfertigung im industriell etablierten Viskoseprozess eignen. | Verglichen mit primären Baumwollstoffen wird in der Produktion bis zu 99 % weniger Wasser verbraucht. Kein Einsatz schädlicher Chemikalien. Kein Qualitätsverlust im Vergleich mit Primärfasern. Biologisch abbaubar, keine Mikroplastik Freisetzung beim Waschen oder durch Entsorgung, recycelbar. Eigenschaften ähnlich wie herkömmliche Baumwollfasern. Kein Primärfasereinsatz notwendig. Viskosefaserherstellung aus recycelter Baumwolle mit dem re:newcell-Verfahren führt zu Netto-Reduktion des CO2 Ausstoßes im Vergleich zur Primärfaser | k.A. | Alttextilien (auch post consumer waste) mit einem hohen Cellulosegehalt, Baumwolle Viskose und andere viskose haltige Fasern, hohe Verfügbarkeit | Hohe Qualität, Zellstoff für Viskose oder Lyocell Textilfasern, für Garne, Stoffe und Bekleidung |

| Technologie | TRL/Status der Umsetzung | Technologiebeschreibung/ Prozessschritte | Umweltpotenzial | Kosten | Input | Output |
|--|--|--|---|--------|---|---|
| RecoverTM Spanien Mechanisches Recycling | Anlage mit einer Kapazität von 6 240 bis 7 800 t pro Jahr bis 2025 soll die Produktion auf 200 000t recycelter Baumwollfaser steigen | Die Sortierung der Alttextilien nach Fasertyp erfolgt automatisiert. Der Stoff wird zerkleinert, nicht textile Bestandteile werden entfernt. In einem nächsten Schritt wird die Faserlänge im Shredder optimiert. Durch mechanisches Recycling werden die Filamente aus recycelter Baumwolle verkürzt. Um Qualität zu gewährleisten, wird die Faser mit frischer Bio-Baumwolle gemischt. Zuletzt werden die Fasern zu neuem Garn versponnen. | Einsparungen pro Kilo RecoverTM Recycling Baumwollfaser: rd 15 000 l Wasser, 1,1 kg Chemikalien, 23kg CO2, 56 kWh und 2 m2 Landverbrauch (über LCA bestätigt) | k.A. | Alttextilien auch Post Consumer aus Baumwolle und Wolle und Mischgeweben mit hohem Baumwollanteil | Garn für Bekleidung und Haustextilien |
| Ecotec Italien Mechanisches Recycling | zertifizierter Produktionsprozess, am Markt verfügbar | qualitativ hochwertige Schnittreste werden zu hochwertigem Garn verarbeitet | Einsparung von bis zu 200 Mio. Liter Wasser pro Jahr Ersparnisse von bis zu 56,3 % bei CO2-Emissionen, 56,6 % bei Energieressourcen und weiteren 77,9 % beim Wasserverbrauch | k.A. | Baumwolle, Produktionsabfälle aus der Industrie - begrenzte Verfügbarkeit | 100-%ige Baumwollgarne, die bis zu 80 % umgewandeltes Material enthalten können Einsatzbereich: hochwertige Bekleidung |

Baumwolle kann ebenfalls chemisch recycelt werden, wobei hier als Output keine Baumwollfasern produziert werden, sondern Zellstoff entsteht, der für die Produktion von Fasern wie Lyocell oder Viskose eingesetzt werden kann. Stoffe aus diesem Material haben vielfach die gleichen Eigenschaften wie Stoffe aus Baumwolle.

Am Markt derzeit erhältlich sind die Recyclingfaser **Refibra™**, eine Lyocellfaser des österreichischen Unternehmens Lenzing, **Infinna™** des finnischen Unternehmens Infinited Fiber Company und **Circulose**, ein Zellstoffprodukt des schwedischen Unternehmens Re:newcell aus dem Viskose hergestellt werden kann. Diesen Technologien ist gemeinsam, dass das Endprodukt keinen Qualitätsverlust im Vergleich zu herkömmlichen Baumwollfasern aufweist, dass der notwendige Wassereinsatz um mehr als 90 % reduziert werden konnte und dass der Primärrohstoff Holz eingespart wird. Der Recyclingprozess ist bis zu sieben Mal wiederholbar. Der Energieeinsatz ist jedoch vor allem bei Circulose sehr hoch. In Summe konnte aber festgestellt werden, dass die Herstellung von Viskosefasern aus recycelter Baumwolle aus dem Re:newcell-Verfahren zu einer Netto-Reduzierung des gesamten CO₂ Ausstoßes führt und auch für Refibra hat eine Lebenszyklusanalyse die positiven Umweltwirkungen bestätigt. Die Lyocellfaser Refibra™ besteht derzeit nur zu 30 % aus recyceltem Material, wobei ein Anteil von 50 % angestrebt wird. Derzeit sind die Kosten noch höher als für Lyocell aus dem Primärrohstoff Holz. Einschränkend muss hier an dieser Stelle angemerkt werden, dass als Input für Refibra™ derzeit überwiegend ungefärbter homogener pre-consumer Textilabfall eingesetzt werden kann. Lenzing und Re:newcell haben 2022 ein großes Lieferabkommen unterzeichnet.

Wesentliche Vorteile der patentierten Technologie der Infinited Fiber Company liegen darin, dass eine breite Palette von zellulosereichen Materialien (wie baumwollreiche Textilabfälle, Pappe, Papier, Weizen- oder Reisstroh) als Ausgangsmaterial verwendet werden kann und, dass im Prozess Verunreinigung durch PET-Fasern herausgefiltert werden können. Darüber hinaus müssen keine gefährlichen Chemikalien im Produktionsprozess z. B. kein Schwefelkohlenstoff (CS₂) wie bei der herkömmlichen Viskoseproduktion eingesetzt werden. Im Vergleich zu nativer Baumwolle verringert die neue Technik den Wasser-Fußabdruck um mehr als 70 % und die Klimabilanz um 40 - 50 %. Als nachteilig kann bei diesem Verfahren der hohe notwendige Materialinput angeführt werden. Im Jahr 2021 wurde eine Jeans bestehend aus 50% Infinna und 50% Primärbaumwolle auf den Markt gebracht. Seit Anfang 2022 ist ein T-Shirt, welches aus 100 % Infinna™ besteht, erhältlich .

Mechanisches Recycling ist jener Prozess, der für das Recycling von Baumwollfasern derzeit noch am häufigsten eingesetzt wird. Mechanisches Recycling ist ein etabliertes Verfahren, wobei Aktivitäten der Recycler hinsichtlich eines hochwertigen closed-loop Recyclings erst in den letzten Jahren verstärkt wurden. Das spanische Unternehmen Recover™ recycelt sowohl pre-consumer als auch post-consumer Textilabfälle aus Baumwolle und Mischgeweben mit einem hohen Baumwollanteil. Die Identifikation der Materialien und eine automatisierte Sortierung sowie die Optimierung der Faserlänge im Shredder sind essentielle Bausteine für den Erhalt der maximal möglichen Faserlänge und damit für ein hochwertiges closed-loop Recycling. Die Einsparungen pro Kilo Recover™ recycelter Baumwollfaser betragen laut Lebenszyklusanalyse rund 15 000 L Wasser, 1,1 kg Chemikalien, 23 kg CO₂, 56 kWh und 2 m² Landverbrauch. Bis 2025 ist soll die Produktionskapazität auf 200 000 t recycelter Baumwollfaser ausgeweitet werden.

Im Vergleich zu Recover™ setzt Ecotec auf ein eher homogenes Ausgangsmaterial, da hier nur textile Produktionsabfälle aus der Industrie (pre-consumer) für den Recyclingprozess eingesetzt werden. Für Ecotec Garne können bis zu 80 % Recyclingfasern eingesetzt werden. Dieser Anteil übersteigt den

bisherigen Standard von maximal 30 % bei weitem (zum derzeitigen Standard siehe z. B. (Hemkhaus et al. 2019, S. 22). Laut Informationen von Ecotec (auf Basis einer Lebenszyklusanalyse) entlastet Ecotec die Umwelt im Vergleich zur Primärfaser durch Einsparungen von bis zu 56,3 % bei CO₂-Emissionen, 56,6 % bei Energieressourcen und weitere 77,9 % beim Wasserverbrauch.

In den mechanischen Recyclingverfahren liegt Potenzial, da sie „einfache“ Technologien anwenden und auch für die lokale Textilproduktion Impulse setzen können. Produktion innerhalb Europas bedeutet zum einen eine Stärkung der produzierenden Industrie und zum anderen eine Reduktion der Abhängigkeit von globalen Lieferketten (vgl. Arnold et al. 2019, S. 35). Beispiele für am Markt etablierte hochwertige Recyclingsysteme die Closed-Loop Recycling ermöglichen, sind eher selten. Viele Verfahren befinden sich noch im Pilot- oder Labormaßstab. Hier scheint auch die Verknüpfung unterschiedlicher Industriezweige bzw. Wertschöpfungsketten (Chemisches Recycling von Textilien in Kombinationen mit Kunststoffrecycling und Bioraffinerien in der Zellstoffindustrie) von zentraler Bedeutung.

Mit diesen Technologien sollte es zukünftig möglich werden die Recycling-Raten zu erhöhen, den Primärrohstoff Einsatz zu reduzieren und hochwertige Recycling Produkte zu erzeugen. Die derzeitigen EU Initiativen in Richtung Kreislaufwirtschaft wie auch die EU Kreislaufwirtschaftsstrategie, (Erweiterte Produktverantwortung, Recyclingquoten, Recyclinganteile) werden hier in den kommenden Jahren Impulse setzen.

8 Herausforderungen und Potenziale für den Einsatz von Sekundärfasern in Österreich

8.1. Online- Umfrage: Sekundärrohstoffe in der Textilindustrie

Um die Herausforderungen und Potenziale des Einsatzes von Sekundärfasern in Österreich darstellen zu können, wurde zusätzlich zur Literatur- und Good Practice-Analyse eine Online-Umfrage durchgeführt.

Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Online-Umfrage richtete sich an Führungskräfte und Forschungsleiter:innen in Unternehmen der österreichischen Textilindustrie und beschäftigte sich unter anderem mit folgenden Fragen:

- Welche Maßnahmen tragen Ihrer Meinung nach am stärksten dazu bei, textile Kreisläufe für Unternehmen möglich zu machen?
- Bei welchen konkreten Technologien sehen Sie den größten Forschungsbedarf?

Ziel war es, durch die Befragung ein Meinungsbild von Expert:innen zu ausgewählten Maßnahmen zu erhalten. Darauf aufbauend wurden im Rahmen des Projektes Herausforderungen und Potenziale identifiziert und Handlungsempfehlungen für die österreichische FTI-Politik erarbeitet, die auch in die FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft einfließen sollen.

Die Umfrage beinhaltete Fragen zum aktuellen (Sekundär-)Rohstoffeinsatz, dem derzeitigen Aufkommen und der Verwertung von Post-Industrial Abfällen sowie den gegenwärtigen Herausforderungen und Potenzialen im Hinblick auf den vermehrten Einsatz von Sekundärrohstoffen in der Textilindustrie.

Zwischen Jänner und März 2022 wurden 120 Unternehmen direkt per Mail zur Teilnahme eingeladen. Darüber hinaus wurde die Umfrage über den Fachverband der Textil- und Bekleidungsindustrie beworben. Die Befragung wurde mit einer Beteiligung von 18 Teilnehmenden im März 2022 geschlossen. Die eher geringe Teilnehmeranzahl kann dabei darauf zurückgeführt werden, dass nur relativ wenige, große, produzierende Unternehmen in Österreich existieren. Bezieht man die Teilnehmeranzahl auf die 120 kontaktierten Unternehmen ergibt sich eine Rücklaufquote von 15 %.

Die Abfrage der Wirtschaftstätigkeit wurde nach NACE- Klassifikation durchgeführt. Da die Möglichkeit zur Mehrfachantwort bestand, wurden hier 30 Antworten registriert. Die Kategorie Herstellung von technischen Textilien (NACE 13.96) wurde von den Befragten am häufigsten als Betätigungsfeld angegeben (n= 7), an zweiter Stelle lang die Kategorie Webereien (NACE 13.2) (n= 6).

Der überwiegende Teil (71 %) der Beantwortungen kam aus mittelständischen Unternehmen.

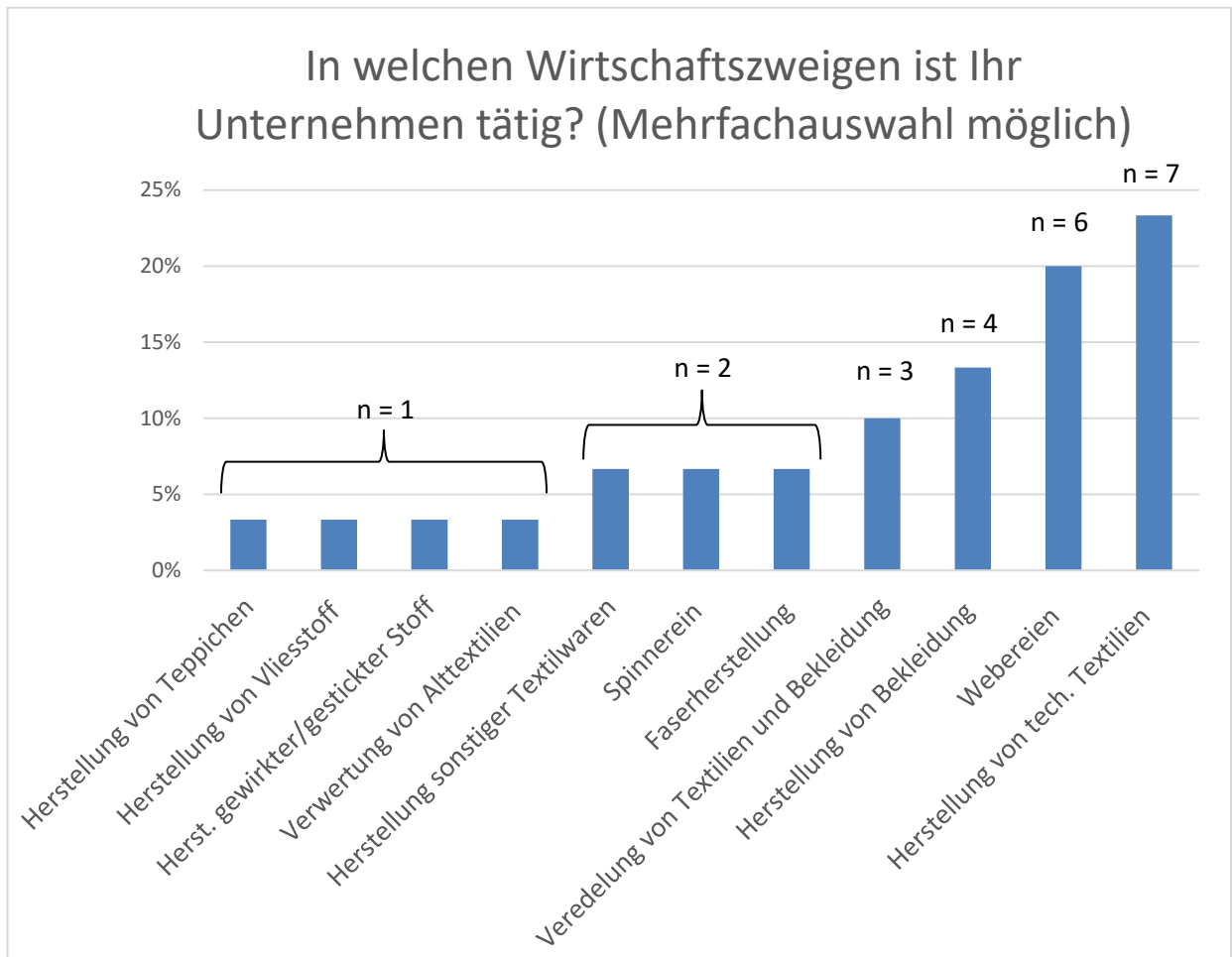


Abbildung 7: Tätigkeitfelder der Unternehmen

8.1.1. Rohstoffeinsatz und Post- Industrial Waste

Bei der Frage, welche Faserarten in den befragten Unternehmen derzeit verarbeitet werden, wurde von den Teilnehmenden am häufigsten die Antwortkategorie „Sonstiges“ genannt (n= 5) und bezüglich der Rohstoffe Zellstoff/Holz für Faserherstellung, Polypropylen sowie „mehrere der auswählbaren Möglichkeiten“ angegeben.

Tabelle 5: Häufigkeiten der Antworten zu den eingesetzten Rohstoffen

| ANTWORTOPTIONEN | BEANTWORTUNGEN | |
|---------------------------|----------------|-----------|
| Baumwolle | 11.11% | 2 |
| Polyamid | 16.67% | 3 |
| Polyester | 16.67% | 3 |
| Polyurethan | 5.56% | 1 |
| Baumwolle, Polyester | 5.56% | 1 |
| Baumwolle, Viskose | 5.56% | 1 |
| Baumwolle, Polyamid | 0.00% | 0 |
| Baumwolle, Wolle | 0.00% | 0 |
| Wolle, Polyester | 5.56% | 1 |
| Polyamid, Elastan | 5.56% | 1 |
| Polyamid, PET | 0.00% | 0 |
| Viskose, Polyaramid | 0.00% | 0 |
| Sonstiges (bitte angeben) | 27.78% | 5 |
| GESAMT | | 18 |

In weiterer Folge wurde abgefragt, ob im befragten Unternehmen derzeit Sekundärrohstoffe verarbeitet werden. Von den 17 erhaltenen Antworten entfielen 11 auf „Ja“ (67, 71 %) und lediglich 6 auf „Nein“ (35, 29 %). Der Einsatz folgender Sekundärrohstoffe wurde dabei genannt:

- Baumwollzuschnittreste
- Recyceltes Polypropylene (rPP)
- Recyceltes Polyamid 6 (rPA6)
- Recycelter Polyester (rPES)
- Pre-Consumer Reststoffe

Der Sekundärrohstoffanteil bezogen auf den Gesamtrohstoffeinsatz liegt dabei überwiegend bei unter 20 %.

Mehr als die Hälfte der Befragten gab darüber hinaus an, dass in ihrem Unternehmen größere Mengen an Post-Industrial-Waste anfallen. Diese werden größtenteils verkauft (60 %) oder prozessintern wiederverwendet. In geringerem Maße werden sie auch thermisch verwertet bzw. anderweitig entsorgt.

8.1.2. Forcierung des Einsatzes von Sekundärmaterialien in den Unternehmen

Auf die Frage wie der Einsatz von Sekundärmaterialien in ihrem Unternehmen forciert werden könne, wurde von den Teilnehmenden die Option „konkurrenzfähiger Preis der Sekundärmaterialien“ am höchsten bewertet. An zweiter Stelle steht die Option „Verfügbarkeit von Sekundärmaterialien steigern“ gefolgt von der Option „höhere Qualität von Sekundärmaterialien“.

Die wichtigsten Hebel für eine zirkulärer gestaltete Textilindustrie wurden anhand der folgenden Kategorien abgefragt:

- Produktdesign und Produktion
- Sammlung von Alttextilien und Reststoffen
- Sortierung
- Recycling und
- regulatorische Rahmenbedingungen und Maßnahmen der öffentlichen Hand

Nachfolgend werden jene drei Maßnahmen angeführt, die in den jeweiligen Kategorien als am wichtigsten angesehen wurden.

Im Bereich „Produktdesigns und der Produktion“ wurde der verminderte Einsatz von problematischen Additiven als wichtigste Maßnahme angesehen. Weiters wesentlich für die Unternehmen waren hier auch die Designanpassungen zur Verlängerung der Produktlebensdauer sowie die reduzierte Verwendung von Multimaterialien.

In der Kategorie „Sammlung von Alttextilien und Reststoffen“ wurden differenzierte Sammelsysteme (bspw. nach Qualität und Material), die forcierte Sammlung von post-industrial Abfällen sowie der Ausbau von Bringsystemen zur Alttextilsammlung als besonders wichtige Maßnahmen angesehen.

Betreffend der Kategorie „Sortierung“ wurden (semi-)automatisierter Alttextilsortierung eine große Relevanz eingeräumt und in der Kategorie „Recycling“ war die (Weiter-)Entwicklung von Recyclingtechnologien, insbesondere des chemischen Recyclings, von besonderer Bedeutung.

In der letzten Kategorie „regulatorische Rahmenbedingungen und Maßnahmen der öffentlichen Hand“ wurden eine nachhaltige öffentliche Beschaffung, die verstärkte Vernetzung von Akteur:innen entlang der Wertschöpfungskette sowie die Eindämmung von Fast Fashion als besonders wichtig angesehen.

8.1.3. Forschungsbedarf

Abschließend hatten die Teilnehmenden im Rahmen einer offenen Frage die Möglichkeit anzugeben, in welchen konkreten Technologiefeldern sie den größten Forschungsbedarf bezüglich des Technologierecycling sehen. Als wichtige Forschungsbereiche wurden hier generell alle Recyclingtechnologien genannt und weiters im speziellen auch das chemische Recycling sowie die Rückgewinnung von sortenreinen Kunststoffen. Die automatisierte Alttextilsortierung wurde hier ebenso genannt wieder das Erkennen von Schadstoffen im Recyclingmaterial. Weitere Inputs auf diese Frage betrafen das wirtschaftliche Recycling von Baumwollgarnen und auch die Rentabilität der Trennung von Mischmaterialien. Weiters wurde die Faserforschung für den technischen und biologischen Kreislauf genannt.

Auf die Frage, bei welchen Sekundärrohstoffen künftig das größte Potenzial gesehen wird, wurden PA, PES, zellulose Fasern, rPET, r PP, r PA6, Polyester, Viscose bzw. Zellstofffasern genannt.

8.2. Herausforderungen und Lösungsansätze

Wie auch bereits in den vorangegangenen Kapiteln dargelegt wurde, liegt großes Potenzial im „closed-loop recycling“, indem textile Abfälle für das F2F-Recycling erfasst und die recycelten Fasern auch wieder für textile Produkte eingesetzt werden. Im Folgenden werden die zentralen Herausforderungen für das F2F-Recycling und damit für den Einsatz von Sekundärfasern, beschrieben.

Um die Herstellung von textilen Sekundärfasern bzw. deren Einsatz zu forcieren, braucht es zum einen größere Mengen von Alttextilien und zum anderen eine höhere Qualität dieser. Weiters müssen F2F-Technologien in der Lage sein diverse und komplexe post-consumer Alttextilien zu verarbeiten. Nachfrageseitig müssen die recycelten Fasern den Qualitätsanforderungen der Modehersteller und Konsument:innen entsprechen und preislich mit Primärfasern konkurrenzfähig sein (vgl. Elander und Ljungkvist 2016, S. 43).

Die Herausforderungen für das F2F-Recycling sind vielfältig. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Herausforderungen und mögliche Lösungsansätze, die im Zuge der Literaturrecherche, der Good Practice-Analyse sowie der Umfrage und Expert:innengespräche identifiziert wurden, in die vier Bereiche Rahmenbedingungen, Technologie, Produktdesign und Markt geclustert. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die wesentlichsten Herausforderungen sowie deren potenzielle Lösungsansätze.

Tabelle 6: Herausforderungen und Lösungsansätze (Quelle eigene Darstellung basierend auf (z.B. Köhler et al. 2022; Koszewska 2018; Elander und Ljungkvist 201; WRAP 2019; Bartl 2021; Colignon et al. 2021)

| Thematischer Bereich | Herausforderungen | Erklärung | Potenzielle Lösungsansätze |
|----------------------|---|--|--|
| Technologie | Weiterentwicklung von automatisierten Sortiertechnologien | Das Fehlen von effektiven, automatisierten Sortiertechnologien nach Materialeigenschaften wie Faserart erschwert derzeit ein großflächiges Faserrecycling. (Umfrageergebnisse vgl. Kap. 8) | Gezielte F&E- Förderungen zur (Weiter-)Entwicklung von automatisierten Sortiertechnologien wie NIR-, FTIR-, oder Raman-Spektroskopie bzw. hyperspektraler Bildbearbeitung |
| | Begrenzte Anwendbarkeit des mechanischen Recyclings | Durch die Verkürzung der Faserlänge im Recyclingprozess ist mechanisches Recycling nicht uneingeschränkt einsetzbar. Alternativen fehlen jedoch für viele Faserarten (EMF, 2017) | Gezielte F&E- Aktivitäten in der (Weiter-)Entwicklung von Recyclingtechnologien, besonders im Bereich des chemischen Recyclings Qualitätsverbesserung bei mechan. Recyclingverfahren (Faserlängenreduzierung) |
| | Chemisches Recycling vielfach noch nicht ausgereift | Durch chemisches Recycling können Fasern in ähnlicher Qualität wie Primärfasern hergestellt werden. Die Prozesse sind aber vielfach noch nicht technologisch ausgereift bzw. ökonomisch rentabel (EMF, 2017) (WRAP UK, 2019) | TRL-Level vieler chem. Recyclingtechnologien für das Recycling von Mischgeweben erhöhen. Finanzielle Unterstützung für F&E Pilotprojekte und die Upscaling auf die industrielle Ebene |

| Thematischer Bereich | Herausforderungen | Erklärung | Potenzielle Lösungsansätze |
|----------------------|--|--|---|
| Produktdesign | Mischfasern und -materialien | Mischfasern, ein hoher Elastananteil sowie weitere Materialien (Metallknöpfe etc.) erschweren den Recyclingprozess besonders im chemischen Recycling (Ibid) | Bereits im Produktdesign muss die spätere Recyclbarkeit mitgedacht werden und auf im Recycling störende Stoffe soweit wie möglich verzichtet werden (Design for Recycle). |
| | Verunreinigungen, Chemikalien und Additive | Farbstoffe, Veredelungschemikalien (z. B. Magnesiumsulfat) oder metallische Reststoffe (z. B. Silber als Biozid) stören besonders im chemischen Recyclingprozess (Ibid) | |
| | Nicht ausreichende bzw. fehlerhafte Produktkennzeichnung | Detaillierte Kenntnis über die Materialzusammensetzung von textilen Abfällen ist für einen effektiven Recyclingprozess notwendig. Diese Informationen fehlen oft oder sind unvollständig (WRAP UK, 2019) | Elektronisch auslesbare Kennzeichnung der Textilien nach enthaltenen Fasern, Verwendung von RFID- Tags oder ähnlicher Technologien zur Kennzeichnung und Nachverfolgung von Textilien |
| | Lebensdauer von Recyclingprodukten | Die Verwendung von mechanisch recycelten Fasern kann sich negativ auf die Lebensdauer von Produkten auswirken (Watson, et al, 2017) | Entwicklung von Designrichtlinien, die die Verwendung von Sekundärfasern erlauben, ohne Beeinträchtigung der Produktlebensdauer |

| Thematischer Bereich | Herausforderungen | Erklärung | Potenzielle Lösungsansätze |
|----------------------|--|---|--|
| Markt | Marktpreis für recycelte Textilfasern (oft höher als der von Primärfasern) | Geringe Preise für fossile Rohstoffe, keine Kostenwahrheit bei Primärfasern, Prozessbedingt sind Sekundärmaterialien derzeit häufig teurer als Primärmaterialien (WRAP UK, 2019) | Steuerliche Lenkungsverfahren, Internalisierung der Umweltkosten bei Bepreisung der Primärfasern |
| | Zu geringe Nachfrage nach Sekundärfasern | Sekundärfasern werden zur Zeit noch zu wenig nachgefragt | Vorgaben für Recyclinganteil in Produkten, Produkte mit Recyclinganteil bei öffentlicher Beschaffung nachfragen, Investitionsanreize für Recyclingtechnologien, -infrastruktur und Geschäftsmodelle(z. B. Anreize für „offtake agreements“), Bewusstseinsbildung |
| | Niedrigere Kosten für konkurrenzierende Recyclingmaterialien | PET-Flaschen als Quelle für recycelten Polyester ist billiger als Polyester von Alttextilien | Festlegung eines definierten Anteils von Polyester textilen Ursprungs in recycelten Textilien |
| Rahmenbedingungen | Effektive Sammelsysteme | Das getrennte Sammeln von nichttragbaren Textilien ist Voraussetzung für ein effizientes Faserrecycling (Bartl, 2021) | Implementierung von separaten Sammelsystemen für nicht mehr tragbare Textilien, Harmonisierung der Systeme in der EU (betrifft auch potenzielle zukünftige EPR – Systeme) |
| | Abfallrecht | Die EU definiert gebrauchte Textilien als Abfall. Strikte Regelung für Transport, Lagerung und Behandlung von Abfällen stellen eine Barriere für Textilrecycling dar (Palm et al, 2015) | Entwicklung von klaren Richtlinien für Sammler und Recycler von textilen Abfällen bzgl. der Abgrenzung Abfall/Rohstoff |
| Rahmenbedingungen | Lange, komplexe Wertschöpfungskette | Die lange Wertschöpfungskette macht deren gesamtheitliche Betrachtung notwendig, um ein effektives Textilrecycling zu | Förderung kooperativer F&E-Projekte quer über die Wertschöpfungskette, die Produktdesign, Sortierung und Recycling ganzheitlich betrachten |

| Thematischer Bereich | Herausforderungen | Erklärung | Potenzielle Lösungsansätze |
|----------------------|--|---|--|
| | | implementieren (Bartl 2021) | |
| | Förderung durch Bereitstellung finanzieller Mittel | Wirtschaftlich skalierbare Sortier – und Recycling-Technologien v.a. für Mischmaterialien sind noch nicht ausreichend etabliert (z.B. Bartl 2021) | Entsprechende Fördermittel für die Weiterentwicklung der Sortier- und Recycling-Technologien bzw. deren Skalierung |

Die obenstehende Tabelle zeigt, dass die Bemühungen F2F-Recycling von Textilien zu forcieren nicht auf ein Abfallproblem reduziert werden kann. Die Herausforderung, die F2F-Verwertung von Textilien zu erhöhen, kann auch nicht von einer einzelnen Stakeholder-Gruppe oder in einer Phase der textilen Wertschöpfungskette gelöst werden und erfordert daher eine ganzheitliche Betrachtung (vgl. Elander und Ljungkvist 2016, S. 9).

8.2.1. Ökologische Potenziale des Faser-zu-Faser Recyclings

Sandin und Peters haben 2018 einen Review über 41 Publikationen veröffentlicht, der sich mit der Bewertung von Re-Use und Recycling von Textilien in Zusammenhang mit LCAs befassen (vgl. Sandin und Peters 2018, S. 354). Laut diesem Review gehen die meisten Studien davon aus, dass Recycling und Re-Use im Vergleich zu Verbrennung und Deponierung dazu beitragen, negative Umweltwirkungen zu reduzieren, wenn dadurch die Produktion von Primärprodukten verringert wird. Wobei hier auch angemerkt werden muss, dass in den Studien Re-Use vorteilhafter als Recycling bewertet wurde.

Die ökologischen Vorteile der Kreislaufführung von Sekundärrohstoffen im Allgemeinen gelten auch für das Recycling von Alttextilien (vgl. Lotter 2013a, S. 14):

- Schonung des Ressourcenvorrats: Werden Sekundärrohstoffe aus Abfällen im Kreislauf geführt, schont dies den begrenzten Vorrat an Ressourcen.
- Energieeinsparung: Wenn für die Rückgewinnung der Sekundärrohstoffe weniger Energie benötigt wird, als für die Gewinnung von Primärrohstoffen, hilft das Recycling, im Produktionsprozess Energie einzusparen.
- Verminderung des Wasserbedarfes.
- Reduktion des Chemikalieneinsatzes und der Menge an Abwasser.
- Verminderungen der CO₂-Emissionen durch Verarbeitung sekundärer Rohstoffe.

Werden Primärfasern ersetzt, kann das Recycling dazu beitragen, die Umweltprobleme, die durch die Gewinnung von Rohstoffen und der anschließenden Faserherstellung entstehen, zu verringern. Der Ersatz von Baumwollfasern reduziert den Verbrauch von Wasser, Pestiziden, Düngemittel, vermindert Wasserverschmutzung, sowie die Eutrophierung. Im Fall des Ersatzes von Polyesterfasern liegen die

Vorteile vor allem in der Reduzierung der negativen Auswirkungen auf das Klima und in der Schonung fossiler Ressourcen (vgl. Roos et al. 2019a, S. 11).

Die ökologischen Vorteile des Recyclings bzw. des Einsatzes von Sekundärfasern werden dadurch bestimmt, welches Material bzw. Primärfaser ersetzt wird, von Art der Sekundärfaser, Höhe der Recyclingrate, dem eingesetzten Recyclingverfahren sowie dessen Effizienz (vgl. Roos et al. 2019a, S. 11).

Unter der Voraussetzung einer hohen Recyclingrate und einer effizienten, mit erneuerbaren Energien betriebenen Recyclingtechnologie können bis zu einigen Kilo CO₂-eq pro Kilo recyceltem Material eingespart werden oder etwa 10 % der Klimaauswirkungen eines typischen Bekleidungslebenszyklus vermieden werden. Für den Energieverbrauch liegen die potenziellen Einsparungen in der gleichen Größenordnung. Beim Wasserverbrauch kann die Reduktion durch das Recycling mehr als 90 % betragen, wenn die Primärfaser Baumwolle ersetzt wird (vgl. Sandin et al. 2019, S. 111).

Das mechanische Recycling von Baumwolle erfordert einen Stromverbrauch von etwa 300 - 500 kWh pro Tonne behandelter Baumwolle. Dies umfasst die Verarbeitungsschritte Schneiden, Sortieren von Metallen und schweren Teilen, Mischen, Ziehen, Reißen und Pressen in Ballen. Studien haben ergeben, dass der Energiebedarf für mechanisch recycelte Baumwolle fast 20 % niedriger ist als für konventionelle Baumwolle (vgl. Colignon 2021, S. 67)

In einer schwedischen Studie (Zamani et al. 2015) wurde eine Lebenszyklusanalyse durchgeführt, um potenziellen Umweltvorteile unterschiedlicher Textilrecyclingverfahren darzustellen. Dabei wurden der Energieverbrauch und das globale Erderwärmungspotenzial verschiedener Szenarien für das Recycling von Textilabfällen mit der energetischen Verwertung von Alttextilien verglichen. In der Studie wurde die Annahme getroffen, dass der post-consumer Textilabfall aus 50 % Baumwolle und 50 % Polyester besteht. Folgende Recyclingverfahren wurden untersucht: Wiederaufbereitung, Abtrennung von Zellulose aus Polyester mit N-Methylmorpholin-N-Oxid (NMMO) und chemisches Polyester-Recycling. Es wurde davon ausgegangen, dass die aus recyceltem Material hergestellten Produkte ähnliche Produkte aus Primärressourcen ersetzen. Die Umweltauswirkungen, die durch die gleiche Menge des Produkts aus Primärmaterial verursacht worden wäre, wurden vom Recyclingsystem subtrahiert, um die vermiedenen Emissionen zu berücksichtigen. Die quantitativen Ergebnisse legen nahe, dass die Implementierung von Textilrecyclingtechniken der derzeitigen Praxis der überwiegenden Verbrennung vorzuziehen ist und dass die Sekundärfasern aus diesen Recycling-Prozessen Umweltvorteile aufweisen. Die Implementierung von Textilrecyclingtechniken wird als umweltfreundliche Option für das Textilabfallmanagement bestätigt. Für die Abtrennung von Zellulose aus Polyester mit NMMO wurde für eine Tonne Textilabfall eine Einsparung von CO₂-eq von 5,6 t und 116 GJ an Energieeinsparungen berechnet. Für chemisches Polyester-Recycling mit Repolymerisation von Dimethylterephthalat (DMT) wurde eine Einsparung von 0,23 t CO₂-eq/t und 26 GJ Primärenergieeinsatz pro Tonne Textilabfalls berechnet. Im Vergleich dazu hat die Verbrennung der textilen Abfälle das größte Erderwärmungspotenzial mit 0,23 t CO₂-eq/t bei einer Einsparung von 23 GJ Primärenergieeinsatz pro Tonne Textilabfall. Die Autor:innen sehen das größte Einsparpotenzial bei einer Kombination der unterschiedlichen Recyclingtechnologien in einem integrierten Abfallmanagement-System für textile Abfälle. Für eine Tonne Textilabfälle wurde hier ein Einsparungspotenzial von 10 t CO₂-eq und 169 GJ Primärenergiebedarf berechnet. Mit der Implementierung eines integrierten Textilrecyclingsystem wird bei einem Textilabfallaufkommen in

Schweden von 131.800 t das jährliche Einsparungspotenzial an CO₂-eq mit 0,5 bis 1,8 t angegeben (vgl. Zamani et al. 2015, S. 686; Zamani 2014, S. 30).

Die Resultate der Studien und die Informationen der Unternehmen deuten darauf hin, dass der Einsatz von Sekundärfasern in der Textilindustrie zu einer Entlastung der Umwelt und zur Reduktion der CO₂ Emissionen führt.

8.2.2. Ökonomische Aspekte

Über die finanziellen Aspekte chemischer Recyclingprozesse sind derzeit wenige Daten öffentlich zugänglich. Der WRAP Report 2019 analysiert F2F-Recyclingmethoden in der Forschungs-, Entwicklungs-, Pilot- und Kommerzialisierungsphase und untersucht auch die finanzielle Darstellbarkeit sowohl für chemische als auch für mechanische F2F-Recyclingverfahren zur Rückgewinnung von Polycotton bzw. Baumwollfasern. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der finanziellen Modelle aus dem WRAP Report 2019 dargestellt:

Chemisches Recycling

Die finanzielle und wirtschaftliche Bewertung erfolgt im WRAP Report 2019 für ein chemischen F2F-Recyclingverfahren für post-consumer Alttextilien aus Mischgeweben, bei welchem zwei Outputs (Zellstoff und Polymerpellets) erzeugt werden. Es werden Input- und Verarbeitungskosten sowie die Output-Werte auf Basis von Forschungsdaten verglichen. (vgl. WRAP 2019, S. 34)

Das Ergebnis zeigt, dass der Recyclingprozess innerhalb bestimmter Kosten- und Preisspannen finanziell tragfähig sein kann. Das Modell deutet darauf hin, dass der Prozess in der späteren Scale-up-Phase eine finanziell lohnende Investition darstellt (Amortisation im 6. Jahr bei einer Produktion von 50 000 t). Die finanzielle Rentabilität des Prozesses ist jedoch zum einen von den Rohstoffpreisen abhängig und zum anderen von dem Output, der aus dem Prozess zurückgewonnen werden kann. Darüber hinaus spielt hier der erzielbare Verkaufspreis des Zellstoffs und der Polymerpellets eine wesentliche Rolle (vgl. WRAP 2019, S. 50).

Im Report wird von einem Verkaufspreis des Sekundärmaterials von 807 Euro/t Polymerpellets und 830 Euro/t Zellstoff ausgegangen (vgl. WRAP 2019, S. 35).

Im Vergleich dazu wird Baumwolle für 3 000 Euro/t auf dem Weltmarkt angeboten, PET-Granulat für ca. 1 200 Euro/t. (vgl. DBU - Deutsche Bundesstiftung Umwelt 2020, S. 16)

Mechanisches F2F-Recycling

Im Model für das mechanische Recycling wird von einer Anlage mit einer Kapazität von 30 000 t pro Jahr ausgegangen. Das auf Befragungen und Analyse von veröffentlichten Bilanzen basierende Modell ist als Leitfaden zu betrachten und soll nicht als Tatsachenbeschreibung gelten. Das Modell verwendet als Inputfaktoren textile Produktionsabfälle aus der Industrie (Baumwolle) und post-consumer Alttextilien (ebenfalls Baumwolle, in diesem Fall: Denim-Jeans). Die recycelten Baumwollfasern werden mit den Trägerfasern (hier neues Polyester) gemischt und zu Garn gesponnen. Das Endprodukt ist das recycelte Garn, hier eine Mischung aus recycelter Baumwolle und Polyester (vgl. WRAP 2019, 39f).

Im Report wird von einem Verkaufspreis von 2 109 Euro/t recyceltem Garn ausgegangen (vgl. WRAP 2019, S. 42).

Hier wird eine Amortisation im 6. Jahr nur im „Base Case Scenario“ erreicht, da die finanzielle Rentabilität des mechanischen F2F-Recyclings stark von folgenden Faktoren determiniert wird (vgl. WRAP 2019, S. 50):

- Dem endgültigen Verkaufspreis des recycelten Garns, abhängig von den gewünschten Eigenschaften des Endgarns und die für die Produktion festgelegte Losgröße.
- Die Auswahl und das Verhältnis der Trägerfasern bzw. deren Kosten stellt einen Schlüsselfaktor für die Wirtschaftlichkeit des mechanisch recycelten Garns dar.

Die finanzielle Rentabilität des Prozesses ist nur für den Fall gegeben, dass Käufer bereit sind, für recycelte Baumwolle einen höheren Preis zu zahlen als für Primärfasern (vgl. WRAP 2019, S. 51).

Auch die Studie von Bartl et al. konstatiert hier eine ungenügende Verfügbarkeit von Daten um valide Abschätzungen vornehmen zu können. In der Studie wird eine Bandbreite von 1 000 – 2 000 Euro/t an Kosten für das Alttextilrecycling angegeben. (vgl. Bartl et al., 2021, S. 86)

Zu diesen Ergebnissen können auch die Verkaufspreise von Alttextilien am globalen Markt in Bezug gesetzt werden. Ende 2019 konnten laut bvse zwischen 200 und 260 Euro / t Alttextilien erzielt werden. 2017 waren es noch 250 bis 360 Euro /t (vgl. Forbrig et al. 2020, S. 22). Im Bereich der thermischen Verwertung schätzen Expert:innen die durchschnittlichen Wärmeerlöse von Alttextilien auf 17,5 Euro/t (vgl. Brunner 2015, S. 175).

Auf volkswirtschaftlicher Ebene stellt das Recycling auch in Österreich einen bedeutenden Wirtschaftszweig dar. Eine genauere Betrachtung der wirtschaftlichen Auswirkungen (Beschäftigung, Wertschöpfung) ist jedoch nur für einzelne Abfallströme verfügbar. Das Ergebnis einer Studie zeigt, dass in der Behandlung des Restmülls ein großes Potenzial für Arbeitsplätze vorhanden ist. Bei einem Wandel von der reinen Müllverbrennung hin zur verbesserten getrennten Sammlung, ist eine Verdreifachung der Beschäftigungszahl möglich. Je differenzierter die Sammlung und Behandlung von Siedlungsabfällen erfolgt, umso höher ist auch der Bedarf an Arbeitsplätzen (Altendorfer et al. 2020, o. S.).

Für den Abfallstrom Textilien liegen derzeit keine Untersuchungen hinsichtlich der volkswirtschaftlichen Wirkungen des Recyclings vor. Es wird aber auch hier von positiven Effekten des Recyclings in Bezug auf Wertschöpfung und Beschäftigung ausgegangen, auch weil Österreich in diesem Bereich Nettoimporteur der Rohstoffe ist.

9 Handlungsempfehlungen für die FTI-Politik

Die Transformation des Wirtschaftssystems zur Kreislaufwirtschaft wird durch systemische Forschung und Entwicklung unterstützt. Um Stoffkreisläufe zu schließen und möglichst große Mengen an textilen Abfällen einem Recycling zuführen zu können, sind folgende FTI-Themen für Österreich und die FTI-Initiative Kreislaufwirtschaft relevant:

- Durchführung von Stoffstromanalysen (z. B. Erhebung von Abfallzusammensetzungen, Energiebilanzen).
- Recyclinggerechtes Produktdesign: Produktdesign, das an die Erfordernisse eines späteren Recyclings angepasst ist, berücksichtigt die weitgehende Vermeidung von Mischmaterialien und Störstoffen. Additive, Chemikalien bzw. „Hardware“ oder Metalle stören Recyclingprozesse.
- Weiterentwicklung der elektronisch auslesbaren Produktkennzeichnung.
- Faserforschung, z. B. Alternativen für Elastan sind hier relevant.
- (Weiter-)Entwicklung von automatisierten Sortiertechnologien: Technologien, die es möglich machen, textile Abfälle so zu fraktionieren, dass diese im Anschluss möglichst effizient recycelt werden können. Gezielte F&E- Förderungen von NIR- FTIR-, oder Raman-Spektroskopie bzw. hyperspektraler Bildbearbeitung.
- Entwicklung von Identifikationsmethoden für Fasern und andere Produktinhaltsstoffe wie Additive oder Chemikalien.
- Erforschung von Technologien für das Abtrennen von Additiven oder gefährlichen Chemikalien bzw. von Störstoffen aus nicht textilen Komponenten z. B. Metallen.
- Weiterentwicklung von Recyclingtechnologien, die hochwertiges F2F-Recycling ermöglichen, vorallem von chemische Recyclingtechnologie, aber auch für das Recycling von Mischgeweben. Für das bereits etablierten mechanische Recycling stehen dabei Qualitätsaspekte im Vordergrund.
- Erprobung von Pilot- und Demonstrationsanlagen mit entsprechenden Förderzeiträumen.
- Entwicklung von Sortier- und Recyclinganlagen in Form von „Hubs“.
- FTI-Projekte initiieren, die die ganze Wertschöpfungskette betrachten: Verstärkte Kooperationen der Stakeholder entlang der Wertschöpfungskette aber auch Vernetzung quer über Branchen gezielt anregen.

10 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Umweltbelastungen, die durch die Bekleidungs- und Textilindustrie entstehen sind hoch. Diese negativen Auswirkungen entstehen entlang der gesamten Wertschöpfungskette, wobei hier die eingesetzten Faserarten sowie die Nutzungsdauer der Textilien zentrale Treiber sind. Ein hochwertiges Recycling und der Einsatz von textilen Sekundärfasern in der Textilindustrie können die Umweltbelastungen, die durch die Gewinnung von Rohstoffen und der anschließenden Faserherstellung entstehen, verringern. Die Herausforderungen für ein hochwertiges F2F-Recycling sind jedoch vielfältig und entlang der gesamten Wertschöpfungskette angesiedelt. Wesentliche Herausforderungen, die gelöst werden müssen, um textile Kreisläufe zu forcieren, betreffen unter anderem ein vielfach nicht recyclinggerechtes Design der Textilien, eine unzureichende Kennzeichnung der eingesetzten Fasern oder Chemikalien, die notwendige Verbesserung der derzeitigen Sammel- und Sortiersysteme, die Entwicklung passender Recyclingtechnologien bzw. das Scale-up bereits entwickelter Technologien vor allem für Mischfasern.

Die Textilindustrie und Bekleidungsindustrie in Österreich

Zur Textil- und Bekleidungsindustrie zählt die strukturelle Unternehmensstatistik in Österreich 1.458 Unternehmen mit 16.567 Mitarbeiter:innen. Vier Großunternehmen (mit mehr als 250 Mitarbeiter:innen), 45 mittlere Unternehmen (mit mehr als 50 Mitarbeiter:innen) und 66 Betriebe mit mehr als 20 Mitarbeiter:innen fallen in diesen Bereich. D. h. 89 % der Unternehmen in diesem Sektor sind Kleinunternehmen mit weniger als 10 Mitarbeiter:innen. Da die Faserherstellung einen wichtigen Schritt in der textilen Kette darstellt, wurde der Bereich „Herstellung von Chemiefasern“ in dieser Studie mitbetrachtet. In diesen Sektor werden vier Unternehmen verortet, die 3 600 Mitarbeiter:innen beschäftigen und einen Umsatz von rund 1,8 Mrd. Euro erwirtschaften. Dieser Bereich stellt somit vor „Herstellung von Textilien“ mit 1,6 Mrd. und „Herstellung von Bekleidung“ mit 931 Mio. Euro den umsatzstärksten Bereich dar. Dieser Sektor trägt auch mit mehr als 20 % zum Gesamtumsatz der EU 27 in diesem Teilsektor bei.

Heimische Akteur:innen mit Produktionsstätten in Österreich sind über die gesamten textile Wertschöpfungskette vertreten, teilweise aber nur in geringer Anzahl mit rückläufiger Tendenz. Viele Unternehmen mussten in den letzten Jahren Konkurs anmelden oder verlagerten ihre Produktion ins Ausland. Verblieben sind größtenteils Produzenten des Premiumbereichs und von Spezialprodukten. Weiters hervorzuheben ist die heimische Chemiefaserproduktion, die von globaler Relevanz ist.

Aufkommen und Verwertung textiler Abfälle in Österreich

Der Textilkonsum und die Menge der textilen Abfälle sind in Österreich im Europavergleich hoch. In Österreich betrug die Menge an textilen Abfällen, laut der Studie des UBA 2018, 221 800 t. Die Recyclingrate von Alttextilien ist gering. Textile Abfälle im gemischten Siedlungsabfall und im Sperrmüll werden zum größten Teil (zu 77 %) verbrannt. In der Studie wurde eine Zahl von rund 170 000 t/a textiler Abfälle ermittelt, die in Österreich energetisch verwertet werden (vgl. Bernhardt et al 2022, S. 8).

Durch die energetische Verwertung geht ein hohes Recyclingpotenzial und wertvolle Rohstoffe für den Stoffkreislauf bzw. Sekundärrohstoffe für die Industrie verloren. Die Zahl von 170 000 t kann jedoch nicht als valide Zahl für ein gesamtes theoretisches Recyclingpotenzial gelten, da hier Faktoren wie notwendige Ausschleusung von Gefahrenstoffen oder jene Anteile, für die eine thermische Verwertung - beispielweise aufgrund starker Verunreinigungen - sinnvoller ist, berücksichtigt werden müssen.

Hochwertiges Recycling als Beitrag zur Kreislaufwirtschaft im Textilsektor

Viele der aufstrebenden chemischen Recyclingtechnologien sind derzeit wirtschaftlich nicht darstellbar, was unter anderem durch die fehlende Skalierung und die vergleichsweise günstigeren Preise für Primärfasern bedingt ist. Die Recherche hat gezeigt, dass die Pilotanlage von Worn Again derzeit die einzige Pilotanlage in Europa ist, die Recycling von Polyester über chemisches Recycling in Form eines Closed Loop Recycling durchführt. Für ein integriertes System in einem chemischen Recyclingverfahren mit der Rückgewinnung von Zellstoff und Polyester-Pellets aus Mischgeweben konnte die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens in einer Studie aus Großbritannien nachvollziehbar dargestellt werden. Recyclingverfahren die mit einer Vielfalt an Rostoffen arbeiten können sind, was die Rohstoffverfügbarkeit anbelangt, im Vorteil gegenüber jenen Verfahren, die hier auf eine hohe Sortenreinheit achten müssen. In den mechanischen Recyclingverfahren liegt Potenzial, da sie „einfache“ Technologien anwenden und auch für die lokale Textilproduktion Impulse setzen können.

Derzeit existieren am Markt wenige etablierte hochwertige Recyclingsysteme, die Closed-Loop Recycling ermöglichen. Viele Verfahren befinden sich noch im Pilot- oder Labormaßstab. Hier scheint auch die Verknüpfung unterschiedlicher Industriezweige bzw. Wertschöpfungsketten (chemisches Recycling von Textilien in Kombinationen mit Kunststoffrecycling und Bioraffinerien in der Zellstoffindustrie) von zentraler Bedeutung.

Mit diesen Technologien sollte es zukünftig möglich werden die Recycling-Raten zu erhöhen, den Primärrohstoff-Einsatz zu reduzieren und hochwertige Recycling-Produkte zu erzeugen. Die derzeitigen EU-Initiativen in Richtung Kreislaufwirtschaft wie auch die EU Kreislaufwirtschaftsstrategie zielen auch darauf ab den Einsatz von Sekundärmaterialien in der textilen Wertschöpfungskette zu forcieren. Angedachte Maßnahmen wie die Erweiterte Herstellerverantwortung, Recyclingquoten, oder Recyclinganteile in Produkten oder Produktpässe werden hier in den kommenden Jahren Veränderungsprozesse in Gang setzen.

Potenziale für Sekundärrohstoffe

Die Studie des UBA zeigt auf, dass in Österreich aufkommensseitig durchaus Potenzial gegeben ist, den Abfallstrom der textilen Abfälle verstärkt zu nutzen. Durch einen Ausbau der getrennten Sammlung und einer adäquaten Sortierung können diese im höheren Ausmaß der Wiederverwendung bzw. der stofflichen Verwertung zugeführt werden.

Durch das hohe Aufkommen an textilen Abfällen sowie die zukünftig optimierte Ausgestaltung des Sammelsystems, die mit einer intensiveren Nutzung des Abfallstroms Alttextilien, einhergehen muss, wird auch für Österreich Potenzial für eine kaskadische Nutzung von Sekundärrohstoffen und damit für hochwertiges Recycling gesehen. Vor allem wenn hier Recyclingtechnologien eingesetzt werden, die mit post-consumer Abfällen d. h. mit Mischtextilien oder auch mit unterschiedlichen Inputs aus

anderen Industriezweigen wie z. B. der Verpackungsindustrie oder mit anderen zellulosehaltigen Fasern arbeiten können.

Recycling von textilen Abfällen kann einen wesentlichen Beitrag zur Schonung der Rohstoffquellen, der Entlastung der Umwelt und nicht zuletzt auch zur Erreichung der Ziele einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft beitragen, in dem die textilen Rohstoffe so lange wie möglich im Kreislauf geführt werden.

Potenzial für den Einsatz von Sekundärrohstoffen besteht insbesondere im Bereich der Chemiefasern. Im Subsektor Chemiefasern wurde ein Rohstoffbedarf (nur Import) für die Herstellung von 47 000 t von Chemiefasern ermittelt. Hier besteht großes Substitutionspotenzial, da der Subsektor am Anfang der Wertschöpfungskette liegt und bereits große Mengen an Chemiefasern in Österreich produziert werden. Darüber hinaus besteht aber auch Substitutionspotenzial in den folgenden Stufen des Herstellungsprozesses. So werden Rohstoffe für 20 000 t Garne in Österreich benötigt. Auch hier könnten Primärrohstoffe durch Sekundärmaterialien ersetzt werden.

11 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Methode der Studie "Sekundärrohstoffe für die österreichische Textilindustrie | 15 |
| Abbildung 2: Die textile Kette (Quelle: eigene Darstellung) | 18 |
| Abbildung 3: Globale Faser Produktion im Jahr 2019 (Quelle: TextileExchange 2020) | 19 |
| Abbildung 4: Konsumausgaben für Bekleidung in der EU Quelle: Eurostat, UBA)..... | 30 |
| Abbildung 5 Verteilung sortenreiner Textilabfälle sowie Textilabfälle in gemischten Abfällen (Quelle: UBA, 2022)..... | 31 |
| Abbildung 6: Beispiele für Verwertungswege von Textilien (Quelle: Sandin & Peters 2018)..... | 35 |
| Abbildung 7: Tätigkeitfelder der Unternehmen..... | 51 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Übersicht über die wirtschaftlichen Kennzahlen Unternehmensanzahl, Umsatz und Beschäftigtenanzahl. | 22 |
| Tabelle 2: Überblick Import, Export, Netto-Import in den einzelnen Sektoren im Jahr 2019 (Quelle: Eurostat)..... | 23 |
| Tabelle 3: Good Practices für Recyclingverfahren - Inputmaterial Alttextilien aus Polyester oder Mischgeweben | 40 |
| Tabelle 4: Good Practices für Recyclingverfahren, die als Inputmaterial Textilien aus Baumwolle verarbeiten können..... | 44 |
| Tabelle 5: Häufigkeiten der Antworten zu den eingesetzten Rohstoffen..... | 52 |
| Tabelle 6: Herausforderungen und Lösungsansätze | 54 |

Glossar

| Begriff | Definition/Erklärung |
|---------------------------------------|---|
| Abfall | Das österreichische Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) definiert Abfall als „bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat oder deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen (§ 1 Abs. 3) nicht zu beeinträchtigen.“ (AWG 2002, vom 05.02.2021) |
| Alttextilien | Der Begriff Alttextilien umfasst gebrauchte Bekleidungs- und Haushaltstextilien inklusive Schuhe (vgl. Lottner 2013, S. 8). Textilien werden immer dann als „Alttextilien“ bezeichnet, wenn und solange sie rechtlich als Abfall einzustufen sind. Der Begriff umfasst auch Schuhe und Accessoires. |
| Closed-loop Recycling | Das Material eines Produkts wird recycelt und in einem (mehr oder weniger) identischen Produkt verwendet (vgl. Roos et al. 2019b, S. 11). |
| Downcycling | Recyclingprozesse, bei denen das recycelte Material von geringerem Wert (oder Qualität) ist als das ursprüngliche Produkt (vgl. WRAP 2019, S. 9). |
| Fasern | Die Faser ist der kleinste textile Baustein. Nach ihrer Herkunft können Fasern in Chemie- und Naturfasern eingeteilt werden. Chemiefasern werden industriell hergestellt und können wiederum in Fasern aus natürlichen Polymeren (Basisrohstoffe aus pflanzlicher oder tierischer Herkunft), Fasern aus synthetischen Polymeren (Synthesefasern) und in Fasern aus anorganischen Rohstoffen (Glasfasern, Metallfasern, etc.) unterschieden werden. Naturfasern umfassen Pflanzen, Tier- und Mineralfasern und entstehen durch natürliche Wachstumsprozesse (vgl. Sobek und Speth 1993, 74). |
| Faser-zu-Faser (F2F)-Recycling | Die Wiedergewinnung von Fasern aus Textilabfällen und Alttextilien und die Nutzung dieser Fasern zur Herstellung neuer Textilmaterialien. |
| Haustextilien | Textilerzeugnisse zur Verwendung im Innern von Gebäuden aus mindestens 80 Gewichts % Textilfasern in gewebter, nichtgewebter oder gestrickter Form. Der Begriff Haushaltstextilien umfasst Haustextilien (Bett- und Tischwäsche, Handtücher etc.) und Heimtextilien (Bettwaren, Teppiche, Planen etc.) (vgl. Lottner 2013, S. 8) |
| Open-loop Recycling | Bezieht sich auf Prozesse, bei denen das Material aus einem Produkt recycelt und in einem anderen Produkt verwendet wird. Zum Beispiel, wenn eine Materialkategorie (z. B. Verpackung) in eine andere (z. B. Textilien) recycelt wird (Roos et al. 2019b, S. 11). |
| Pre-consumer Textilabfälle | Vorverbraucher- oder post-industrielle Abfälle, die bereits während des Herstellungsprozesses von Fasern oder Textilien entstehen. In der Textilindustrie sind es beispielsweise zahlreiche Nebenprodukte wie fehlerhafte Ausschussware, Verschnitte, Besätze etc.. |
| Post-consumer Textilabfälle | Post-Consumer-Textilabfälle umfassen Bekleidungs- und Haushaltstextilien, die von den Besitzer:innen entsorgt wurden. |
| Stoffliche Verwertung | Nach dem AWG § 2 Abs. 5 2. ist „stoffliche Verwertung“ die ökologisch zweckmäßige Behandlung von Abfällen zur Nutzung der stofflichen Eigenschaften des Ausgangsmaterials mit dem Hauptzweck, die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar für die Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten zu verwenden. In Bezug auf Alttextilien |

| Begriff | Definition/Erklärung |
|--|--|
| | bedeutet dies, dass diese als Sekundärrohstoffe einem Rohstoffkreislauf zugeführt werden, wobei eine möglichst hochwertige Verwertung anzustreben ist. |
| Textilien | Textilien sind Gefüge aus Fasern, die chemischer (z.B. Acetat, Polyester, Polyacryl), tierischer (z.B. Wolle, Seide) oder pflanzlicher (z.B. Baumwolle, Flachs, Kokos) Natur sind. „Textilien“ stellen sowohl textile Faserstoffe als auch Roh-, Halb oder Fertigfabrikate der Textilindustrie dar (vgl. Kromer 2008, S. 13). Textilien bestehen aus mindestens 80 Gewichts% Textilfasern in gewebter, nichtgewebter oder gestrickter Form (Europäische Kommission 2017, S 3). |
| Technologischer Reifegrad (TRL) | Der "Technology Readiness Level" (TRL) ist ein Begriff, der in der Luft- und Raumfahrttechnik geprägt wurde. Er wird verwendet um den Entwicklungsgrad einer Technologie zu beschreiben: TRL 1 - Grundprinzipien beobachtet, TRL 2 - Technologiekonzept formuliert, TRL 3 - Experimenteller Nachweis des Konzepts, TRL 4 - Technologie im Labor überprüft, TRL 5 - Technologie in relevanter Umgebung überprüft (bei Schlüsseltechnologien im industrieorientierten Umfeld), TRL 6 - Technologie in relevanter Umgebung getestet (bei Schlüsseltechnologien im industrieorientierten Umfeld), TRL 7 - Test eines System-Prototyps im realen Einsatz, TRL 8 - System ist komplett und qualifiziert, TRL 9 - System funktioniert in operationeller Umgebung |

Abkürzungen

| Abkürzung | Langtitel |
|---------------------|--|
| AbfRRL | Abfallrahmenrichtlinie |
| AWG | Abfallwirtschaftsgesetz |
| BMDW | Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort |
| BMK | Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie |
| bvse | Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. |
| CO ₂ | Kohlenstoffdioxid |
| CO ₂ -eq | CO ₂ -Äquivalente |
| EMF | Ellen MacArthur-Foundation |
| EU | Europäische Union |
| F2F | Faser zu Faser-Recycling |
| GfTZ | Gemeinschaft für textile Zukunft |
| GJ | Gigajoule |
| k.A. | Keine Angabe |

| Abkürzung | Langtitel |
|------------------|--|
| kg | Kilogramm |
| LCA | Lebenszyklusanalyse |
| Mio. | Millionen |
| Mrd. | Milliarden |
| t | Tonne |
| TRL | Technology Readiness Level (Technologie-Reifegrad) |
| UBA | Umweltbundesamt |

Literaturverzeichnis

- Akerboom, M.; Bakowska O.; Duijn H., et al (2022): Sorting for Circularity. An Evaluation and Commercial Assessment of Textile Waste Across Europe. Online verfügbar unter: <https://modare.org/wp-content/uploads/2022/09/Sorting-for-Circularity-Europe-Report-Fashion-for-Good.pdf>, zuletzt geprüft am 15.11.2022.
- Altendorfer, M.; Pomberger, R.; Gelbmann, U. (2020): Vergleich abfallwirtschaftlicher Systeme für Siedlungsabfälle mit Schwerpunkt Beschäftigungseffekte. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 2020 (72), S. 21–37. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/article/10.1007/s00506-019-00627-x#citeas>, zuletzt geprüft am 30.03.2022
- Arnold, M.; Christis, M.; Coscieme, L.; Lafond, E.; Manshoven, S.; Mortensen L. et al. (2019): Textiles and the environment in a circular economy. Eionet Report ETC/WMGE 2019/6. European Topic - Centre Waste and Materials in a Green Economy, European Environmental Agency. Online verfügbar unter <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-reports/textiles-and-the-environment-in-a-circular-economy>, zuletzt geprüft am 15.12.2021.
- Bartl, A.; Ipsmiller, W.; Rechberger, H.; Roither, C. Weber, A. S. (2021): Beschreibung des Stands des Wissens zu Textilrecyclingtechnologien (SWiTex), Technische Universität Wien, im Auftrag von BMK, Wien.
- Bernhardt, A.; Karigl, B.; Hauer, W. (2019): Verwertung von gesammelten Alttextilien. Ermittlung der Anteile von Altkleidern und Altschuhen zur Weiterverwendung, zum Recycling und zur Beseitigung von HUMANA People to People Österreich. Umweltbundesamt. Wien. Online verfügbar unter <https://humana.at/wp-content/uploads/2020/09/humana-people-to-people-oesterreich-studie-umweltbundesamt.pdf>, zuletzt aktualisiert am 2019, zuletzt geprüft am 13.02.2022.
- Bernhardt, A; Stoifl, B.; Van Eygen, E.; Brandstätter, C.; Neubauer, C.; Karigl, B. (2022): Aufkommen und Behandlung von Textilabfällen in Österreich. Umweltbundesamt GmbH. Wien. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0788.pdf>, zuletzt geprüft am 13.05.2022.
- BMLFUW (2013): Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2011. Band 1. Hg. v. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- Brunner, P. H. (2015): Benchmarking für die österreichische Abfallwirtschaft. Technische Universität Wien. Wien. Online verfügbar unter https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_247861.pdf, zuletzt geprüft am 29.01.2021.
- DBU - Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Hrsg.) (2020): Leitfaden Wiederverwendung und Verwertung von Alttextilien. N³ Nachhaltigkeitsberatung Dr. Friege & Partner, (N³ Nachhaltigkeitsberatung Dr. Friege & Partner) Akademie Dr. Obladen GmbH und BASIKNET Gesellschaft für Arbeitsschutz mbH. Online verfügbar unter: https://www.bavweb.de/media/custom/2886_1406_1.PDF?1587474053, zuletzt geprüft am 20.01.2022.
- Carla Vorarlberg (o.J.): carla Tex Kleidertierwerk. Online verfügbar unter <https://www.carla-vorarlberg.at/re-use/carla-tex-kleidertierwerk/>, zuletzt geprüft am 25.01.2021.

- Circle Economy (2019): The Circularity Gap Report. Austria. Online verfügbar unter https://www.ara.at/fileadmin/user_upload/Downloads/Circularity_Gap_Report/CGR_Austria_En_dversion.pdf, zuletzt geprüft am 20.01.2021.
- Colignon, M., (2021). Study on the technical, regulatory, economic and environmental effectiveness of textile fibres recycling, Ecologic Institute US. Online verfügbar <https://policycommons.net/artifacts/2223021/study-on-the-technical-regulatory-economic-and-environmental-effectiveness-of-textile-fibres-recycling/2980453/>
- Die Presse (2018): Andritz erwirbt Technologie- Unternehmen um 833 Millionen Dollar. Online verfügbar unter <https://www.diepresse.com/5452923/andritz-erwirbt-technologie-unternehmen-um-833-millionen-dollar>, zuletzt geprüft am 16.10.2022.
- Dittrich, J.; Neitsch, M.; Kratz, S. (2022): Stakeholder-Prozess I, Stärkung der Abfallvermeidung, Wiederverwendung und Vorbereitung zur Wiederverwendung von Textilien, Working Paper.
- Dönnebrink, H. (1998): Die Sammlung und Verwertung von Alttextilien. Eine empirische Analyse vor dem Hintergrund des Kreislaufwirtschaftsgesetzes. Münster (Schriften zur Textilwirtschaft, 51).
- Elander, M.; Ljungkvist, H. (2016): Critical Aspects in Design for Fiber-to-Fiber Recycling of Textiles. Mistra Future Fashion Report 2016:1. Hg. v. Mistra Future Fashion Report 2016. Online verfügbar unter <http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2016/06/MFF-report-2016-1-Critical-aspects.pdf>, zuletzt geprüft am 15.03.2022.
- EMF - Ellen MacArthur Foundation (2017): A new textiles economy: Redesigning fashion's future. Online verfügbar unter <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/A-New-Textiles-Economy-Full-Report-Updated-1-12-17.pdf>, zuletzt geprüft am 22.01.2021.
- Euratex (Hg.) (2020): Facts & Key Figures of the European Textile and Clothing Industry. 2020 Edition. Online verfügbar unter <https://euratex.eu/wp-content/uploads/EURATEX-Facts-Key-Figures-2020-LQ.pdf>, zuletzt geprüft am 02.11.2020.
- European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (2021): Data on the EU textile ecosystem and its competitiveness: final report. Publications Office of the European Union. Online verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2873/23948>, zuletzt geprüft am 02.11.2022.
- Europäische Kommission (2021): Vorschlag zur Verordnung über die Verbringung von Abfällen. Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:6c0588b1-4878-11ec-91ac-01aa75ed71a1.0003.01/DOC_1&format=DOC, zuletzt geprüft am 15.10.2022.
- Europäische Kommission (2022): EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles. Online verfügbar unter: https://environment.ec.europa.eu/publications/textiles-strategy_de, zuletzt geprüft am 12.11.2022.
- Evonik Fibres (o.J.): About us. Online verfügbar unter <https://www.p84.com/en/footer-en/about-us>, zuletzt geprüft am 12.10.2022.
- Fachverband der Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie (2019): Die österreichische Textilindustrie. Statistischer Jahresbericht 2019. Online verfügbar unter

- http://www.textilindustrie.at/p2/Homepage/Stat_Jahresbericht_2019.pdf, zuletzt geprüft am 24.10.2021.
- Faigle Textil (o.J.): Online verfügbar unter <http://www.beerli.com/>, zuletzt geprüft am 14.10.2022.
- FCI- Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie e. V. (Hrsg.) (2020): Textilchemie-Textheft. Frankfurt am Main
- Feinjersey Fabrics (o.J.): Gestricke auf der Überholspur. Online verfügbar unter <https://www.feinjersey.at/>, zuletzt geprüft am 17.10.2022.
- Feyerer, U. (2021): Millenium Innovation Days. Vortrag am. 27.09.2021, Lustenau
- Fleuresse (o.J.): Online verfügbar unter <https://www.fleuresse.at/warum-fleuresse/#made-in-verantwortung>, zuletzt geprüft am 18.10.2022.
- Fusseneger Textilveredelung (o.J.): Online verfügbar unter <https://firmen.wko.at/fussenegger-textil-veredelung-gmbh-textildrucker%2c-textilveredler/voraralberg/?firmid=00eab684-c5f5-4416-8a5b-1114244cfe5d>, zuletzt geprüft am 21.10.2022.
- Eisbär Sportmoden (o.J.): Online verfügbar unter https://www.myeisbaer.com/at_de/, zuletzt geprüft am 04.11.2022
- Fuchs, H.; Albrecht, W. (Hg.) (2012): Vliesstoffe: Rohstoffe, Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Prüfung. 2., vollst. überarb. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH.
- Getzner Textil (o.J.): Standorte der Getzner Textil Gruppe. Online verfügbar unter <https://www.getzner.at/unternehmen/ueber-uns/>, zuletzt geprüft am 11.10.2022.
- Greenpeace (2019): Mode als Wegwerfware. Repräsentative Greenpeace-Umfrage zu Kaufverhalten, Tragedauer und Entsorgung von Kleidung in Österreich. Hg. v. Greenpeace. Online verfügbar unter https://greenpeace.at/assets/uploads/publications/presse/1906_FactSheet_Umfrage_Kleiderkonsum.pdf, zuletzt geprüft am 15.01.2022.
- Haegglblom, J.; Palmer, C. (2019): circularity.ID. The transformation to data-driven circularity in fashion. WhitePaper. Hg. v. circularity.fashion. Online verfügbar unter https://circular.fashion/assets/13.12.2019_Official_WhitePaper_circularity.ID.pdf, zuletzt geprüft am 14.02.2022.
- Haberkorn & Co (o.J.): Online verfügbar unter <https://www.haberkorn.com/site/overview>, zuletzt geprüft am 25.10.2022.
- Hefel GmbH (o.J.): Online verfügbar unter: <https://www.hefel.com>, zuletzt geprüft am 14.10.2022.
- Heimtex (o.J.): Geschichte. Online verfügbar unter <https://www.bettenreiter.at/geschichte/>, zuletzt geprüft am 18.10.2022.
- Hemkhaus, M.; Hannak, J.; Malodobry, P.; Janßen, Tim; Griefahn, N.; Linke, C. (2019): Circular Economy in the Textile Sector. Hg. v. Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit GmbH. Online verfügbar unter https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/GIZ_Studie_Kreislaufwirtschaft_Textilsektor_2019_final.pdf, zuletzt geprüft am 15.01.2022.
- Huber (o.J.): Online verfügbar unter <http://www.huberholding.com/>, zuletzt geprüft am 03.11.2022

Köhler, A., Watson, D., Trzepacz, S., Löw, C., Liu, R., Danneck, J., Konstantas, A., Donatello, S., & Faraca, G. (2021). Circular economy perspectives in the EU textile sector. Publications Office of the European Union. Online verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/858144>, zuletzt geprüft am 15.10.2022

Koszewska, M. (2018): Circular Economy — Challenges for the Textile and Clothing Industry. In: Autex Research Journal 18 (4), S. 337–347. DOI: 10.1515/aut-2018-0023.

Lenzing AG (o.J.): Online verfügbar unter <https://www.lenzing.com/de/>, zuletzt geprüft am 12.10.2022

Lenzing Plastic (o.J.): Online verfügbar unter <https://www.lenzing-plastics.com/ueber-uns/>, zuletzt geprüft am 27.10.2022.

Laitala, K.; Klepp, I.; Henry, B. K. (2018): Does Use Matter? Comparison of Environmental Impacts of Clothing Based on Fiber Type. In: Sustainability 10, S. 2524. DOI: 10.3390/su10072524.

Linz Textil (2019): Geschäftsbericht 2019. Online verfügbar unter https://www.linz-textil.at/fileadmin/user_upload/bilder/investor_relations/Finanzbericht/Geschaeftsbericht_2019.pdf/, zuletzt geprüft am 17.10.2022.

Lottner, U. (2013a): Gebrauchte Kleidung mit Haustextilien in Bayern-Situationsbeschreibung und Ausblick. Hg. v. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Online verfügbar unter [https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000002?SID=32390587&ACTIONxSESSxS HOWPIC\(BILDxKEY:%27ifu_abfall_00195%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27\)](https://www.bestellen.bayern.de/application/eshop_app000002?SID=32390587&ACTIONxSESSxS HOWPIC(BILDxKEY:%27ifu_abfall_00195%27,BILDxCLASS:%27Artikel%27,BILDxTYPE:%27PDF%27)), zuletzt geprüft am 12.11.2022.

Lottner, U. (2013b): UmweltWissen – Produkte und Abfall. Abfall - Vermeiden, trennen, verwerten oder beseitigen. Online verfügbar unter <https://abfallwirtschaft-msh.de/index.php/eaw-downloads/category/11-infotexte?download=47:umweltwissen-bayern-auch-interessant-im-land-sachsen-anhalt-zu-lesen>, zuletzt geprüft am 13.01.2022.

Löffler (o.J.): Online verfügbar unter <https://www.loeffler.at/de/ueber-loeffler/die-produktion/>, zuletzt geprüft am 04.11.2022.

MEYA Grabher-Meyer Elasticumspinnerei (o.J.): Online verfügbar unter <http://www.meya.at/>, zuletzt geprüft am 14.10.2022.

Orbis-Datenbank: Verfügbar unter: <https://www.bvdinfo.com/de-de/unsere-losungen/daten/international/orbis>. Abgerufen am 12.07.2022

RepaNet (2020): Re-Use Markterhebung 2019.

Rex, D.; Okcabol, Sibel; Roos, Sandra (2019): Possible sustainable fibers on the market and their technical properties. Hg. v. RISE IVF (Mistra Future Fashion report number: 2019:02 part 1). Online verfügbar unter http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2019/03/Reos-D2.1.1.1-Fiber-Bible-Part-1_Mistra-Future-Fashion-2019.02-1.pdf, zuletzt geprüft am 15.03.2022.

Roos, S.; Sandin, G.; Peters, G.; Spak, B.; Bour, L.; Perzon, E.; Jönsson, C. (2019): Guidance for fashion companies on design for recycling. Mistra Future Fashion report number: 2019:08. Online verfügbar unter

- https://www.researchgate.net/publication/337111008_Guidance_for_fashion_companies_on_design_for_recycling/link/5dc578a492851c81803ac643/download, zuletzt geprüft am 10.03.2021.
- Roos, S.; Sandin, G.; Peters, G.; Spak, B.; Schwarz, L.; Perzon, E.; Jönsson, C. (2019): White paper on textile recycling. Mistra Future Fashion report number: 2019:09. A Mistra Future Fashion Report, <http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2019/10/S.-Roos.-White-paper-on-textile-recycling.-Mistra-Future-Fashion.pdf> zuletzt geprüft am 30.03.2021.
- Sandin, Gustav; Peters, Greg (2018): Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. In: Journal of Cleaner Production 184.
- Sandin, G.; Roos, S.; Spak, B.; Zamani, B.; Peters, G. (2019): Environmental assessment of Swedish clothing consumption. Mistra Future Fashion report number: 2019:05. Hg. v. RISE AB. Online verfügbar unter <http://mistrafuturefashion.com/wp-content/uploads/2019/08/G.Sandin-Environmental-assessment-of-Swedish-clothing-consumption.MistraFutureFashionReport-2019.05.pdf>.
- Schmalz, Florian 2021: Textilwirtschaft in Europa nachhaltig absichern. In: ÖKO+ Fachmagazin für Ökonomie und Ökologie. Hrsg: WKO. Heft 1/ 2021. Online verfügbar unter: <https://www.wko.at/service/umwelt-energie/11-Textilien-Schmalz.pdf>. zuletzt geprüft am 16.05.2022.
- Schmidt, A.; Watson, D.; Roos, S. (2016): Gaining benefits from discarded textiles. LCA of different treatment pathways. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4690709>, zuletzt geprüft am 26.03.2021.
- Schöller (o.J.): Online verfügbar unter <https://www.schoeller-wool.com/>, zuletzt geprüft am 14.10.2022
- Sobek, W.; Speth, M. (1993): Von der Faser zum Gewebe. Textile Werkstoffe im Bauwesen. Online verfügbar unter https://elib.uni-stuttgart.de/bitstream/11682/7087/1/Sob_22.pdf.
- SOEX (o.J.): Recycling. Was macht SOEX eigentlich mit untragbaren Alttextilien. Online verfügbar unter <https://www.soex.de/leistungen/recycling/>, zuletzt geprüft am 12.02.2022.
- Statistik Austria (2020a): Materialflussrechnung. Online verfügbar unter [http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/umwelt/materialflussrechnung/index.html#:~:text=Der%20Materialverbrauch%20\(DMC\)%20lag%202019,Kopf%20Verbrauch%20von%2052%20kg.](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/umwelt/materialflussrechnung/index.html#:~:text=Der%20Materialverbrauch%20(DMC)%20lag%202019,Kopf%20Verbrauch%20von%2052%20kg.), zuletzt geprüft am 20.01.2021.
- Statistik Austria (2020b): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Online verfügbar unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wohlstand_und_fortschritt/wie_gehts_oesterreich/materieller_wohlstand/04/index.html. zuletzt geprüft am 25.01.2022.
- Strasser, E.-M. (2021): Millenium Innovation Days. Vortrag 21.09.2021, Lustenau
- TenCate Geosynthetics (o.J.): Das Unternehmen. Online verfügbar unter <https://www.tencategeo.eu/de/unternehmen/Ueber-Uns>, zuletzt geprüft am 26.10.2022.
- Teufelberger Seil (o.J.): Über uns. Online verfügbar unter <https://www.teufelberger.com/de/ueber-uns>, zuletzt geprüft am 25.10.2022.

- Texaid (o.J.): Gebrauchte Textilien - Rohstoffe für Neues. Online verfügbar unter <https://www.texaid.at/at/produkte-leistungen/verwertung.html>, zuletzt geprüft am 25.01.2022.
- Texaid (o.J.): Unsere Standorte. Online verfügbar unter <https://www.texaid.at/at/ueber-texaid/standorte.html>, zuletzt geprüft am 25.01.2022.
- TextileExchange (2020): Preferred Fiber & Materials. Market Report 2020. Online verfügbar unter https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2020/06/Textile-Exchange_PREFERRED-Fiber-Material-Market-Report_2020.pdf. zuletzt geprüft am 20.01.2021.
- Tragler, C. (2019): Factsheet Altkleidersammlung in Österreich. Hg. v. Südwind/Clean Cloth Kampagne. CCK. Wien. Online verfügbar unter https://www.cleanclothes.at/media/filer_public/57/9d/579d06d0-20c7-4f2f-a89a-d2fd8284b05f/factsheet_a_alkleidersammlung_2019-10.pdf, zuletzt geprüft am 25.01.2022.
- Unger Textil Veredelung (o.J.): Produktion. Online verfügbar unter <https://unger-textil.at/produktion>, zuletzt geprüft am 11.10.2022.
- Vossen (o.J.): Online verfügbar unter <https://www.vossen.com/de/>, zuletzt geprüft am 18.10.2022.
- Wenger (o.J.): Online verfügbar unter <https://wenger.at/ueber-uns/>, zuletzt geprüft am 04.11.2022
- Wolford (o.J.): Facts & Figures. Online verfügbar unter <https://company.wolford.com/de/investor-relations-2/zahlen-fakten/>, zuletzt geprüft am 03.11.2022
- Wikimedia Österreich (o.J.): AGM Durmont Austria. Online verfügbar unter https://regiowiki.at/wiki/AGM_Durmont_Austria, zuletzt geprüft am 25.10.2022.
- WRAP (2019): Fibre to fibre recycling: An economic & financial sustainability assessment. Identification of and recommendations to overcome barriers to the development of post-consumer, closed loop clothing recycling in the UK. Hg. v. WRAP. Online verfügbar unter http://wrapcymru.org.uk/sites/files/wrap/Fibre_to_Fibre_report.pdf, zuletzt geprüft am 01.04.2022.
- Zamani, B. (2014): Towards understanding sustainable textile waste management: Environmental impacts and social indicators. Hg. v. Chalmers University of Technology. Online verfügbar unter <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/204502/204502.pdf>, zuletzt geprüft am 06.10.2022.
- Zamani, B.; Svanström, M.; Peters, G.; Rydberg, T. (2015): A Carbon Footprint of Textile Recycling: A Case Study in Sweden. In: Journal of Industrial Ecology 19 (4), S. 676–687. DOI: 10.1111/jiec.12208.

A large, light blue geometric shape, resembling a right-angled triangle or a trapezoid, is positioned on the right side of the page. It is oriented with its hypotenuse facing left, towards the center of the page. The shape is solid and has a consistent light blue color.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)