

TEXTILRECYCLING



© unsplash.com/Francois Le Nguyen

ZUSAMMENFASSUNG

Die Textilindustrie ist durch Überproduktion und Überkonsum („Fast Fashion“) geprägt, was zu immensen Mengen an Textilabfällen führt. Die lineare Produktionsweise belastet die Umwelt durch hohen Wasserverbrauch, chemische Verschmutzung, CO₂-Emissionen und Mikroplastik. Dreiviertel der in Österreich anfallenden Textilabfälle werden verbrannt. Ein Übergang zu einer zirkulären Textilwirtschaft mit Fokus auf Wiederverwendung, Reparatur und Recycling ist notwendig. Mechanisches Recycling ist weit verbreitet, aber nur für sortenreine Textilien geeignet und nicht für Kunstfasern. Chemisches Recycling ermöglicht die Wiederverwertung von Mischmaterialien, ist aber nur begrenzt verfügbar. Laut EU sollen bis 2030 alle Textilien auf dem europäischen Markt recycelbar sein. Österreich hat das Potential, eine Vorreiterrolle in diesem Bereich einzunehmen und von den wirtschaftlichen und ökologischen Vorteilen zu profitieren.

*Herausforderungen:
fehlende Infrastruktur,
Mischmaterialien,
hohe Kosten*

ÜBERBLICK ZUM THEMA

Textilabfälle sind vielfältig, neben Altkleidern und Altschuhen inkl. Accessoires (wie Gürtel, Schals, Kopfbedeckung) zählen auch Abfälle von Haustextilien (z. B. Bett- und Tischwäsche, Handtücher) und Heimtextilien (z. B. Teppiche, Vorhänge, Möbelstoffe, Matratzen) dazu. Als „Alttextilien“ werden getrennt gesammelte Textilabfälle aus Haushalten, sowie aus anderen Bereichen wie Gastronomie, Hotels und Krankenhäusern, die in Art und Zusammensetzung Haushalten ähnlich sind, verstanden. Eine weitere Kategorie sind technische/industrielle Textilabfälle, sie umfassen eine große Bandbreite an Anwendungen in verschiedenen Sektoren, wie z. B. Geotextilien, Sitzbezüge in Transportfahrzeugen, Schutztextilien, Zelte und Netze. Altkleider, Schuhe, sowie Haus- und Heimtextilien verursachen etwa 80 % der Textilabfälle, technische Textilien und Produktionsabfälle spielen eine untergeordnete Rolle (Bernhardt et al., 2024).

EU-weit macht Kleidung den größten Teil (81 %) des Textilkonsums aus (EC, 2022). In Österreich fallen jährlich über 227.000 Tonnen Textilabfälle an, wovon mehr als drei Viertel verbrannt werden. Nur etwa ein Fünftel wird getrennt gesammelt (als Altkleider), der Großteil liegt als gemischte Abfälle vor, vor allem als Rest- und Sperrmüll oder aus dem medizinischen Bereich. Nur 3 % der Textilabfälle entstehen in Österreich in der Produktion, 97 % dagegen nach dem Konsum, stammen also aus Haushalten oder Betrieben (Bernhardt et al., 2022). Die Sammlung von Alttextilien erfolgt zu mehr als der Hälfte karitativ (57 %), zu einem Drittel in gewerblichen und zu 12 % in kommunalen Sammlungen.¹

Heute werden weltweit etwa doppelt so viel Textilien produziert wie vor zwanzig Jahren, Tendenz steigend (EEA, 2022). Weltweit landen etwa 87 % dieser Fasern auf Müllkippen oder werden verbrannt, was allein einen ökonomischen Wertverlust von jährlich 100 Mrd. Dollar verursacht (Lanz et al., 2024). Ein großer Treiber dieser Entwicklung ist Fast Fashion, einem nicht nachhaltigen Muster von Überproduktion und Überkonsum. Seit Jahrzehnten verstetigt sich der Trend, Kleidungsstücke immer kürzer zu benutzen, bevor sie weggeworfen werden, was Verbraucher:innen dazu verleitet, immer öfter Kleidung von minderer Qualität zu kaufen, die schnell produziert wird, um den neuesten Trends zu entsprechen (Niinimäki et al., 2020). Rezent gibt es eine Entwicklung hin zu Ultra-fast Fashion, wo zwischen Design und Massenherstellung nur wenige Tage liegen und wöchentlich wechselnde Kollektionen möglich werden. Diese abermalige Beschleunigung wird getrieben von digitalen Technologien zur Sammlung und Nutzung großer Datenmengen über das Verhalten von Verbraucher:innen, zur Personalisierung des Einkaufserlebnisses der Kund:innen und durch Social-Media-Marketing und Influencer:innen (Dzhengiz et al., 2023).

Umweltauswirkungen entstehen entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der Textil- und Modebranche, von der Rohstoffherzeugung über die Verarbeitung bis zum Verbrauch. Schwerpunkte der Auswirkungen sind Wasserverbrauch, chemische Verschmutzung, CO₂-Emissionen und Textilabfälle (Niinimäki et al., 2020). Zusätzlich trägt die Freisetzung von **Mikroplastik** aus synthetischen Textilien und Schuhen zu den Umweltauswirkungen des Sektors bei, denn etwa 35 % des in die Umwelt freigesetzten Mikroplastiks stammen aus Textilien. In Betrachtung des gesamten europäischen Konsums haben Textilien, die viertgrößten ne-

*Was sind
Textilabfälle?*

*Dreiviertel der
Textilabfälle werden
verbrannt*

*Problem
(Ultra-)Fast Fashion*

Umweltauswirkungen

¹ umweltbundesamt.at/news220207/grafiken-zu-textilabfaellen.

gativen Auswirkungen auf Umwelt und Klima – nach Lebensmitteln, Wohnraum und Mobilität (EEA, 2022). Ursächlich ist ein lineares Produktionsmodell, das durch kurze Nutzungszyklen und wenig Wiederverwendung, wenig Reparatur und wenig Faser-zu-Faser-Recycling von Textilien gekennzeichnet ist.

Die Europäische Kommission legte hierzu kürzlich die „Strategie für nachhaltige und zirkuläre Textilien“ vor, mit dem Hauptziel, dass bis 2030 alle auf dem EU-Markt befindlichen Textilerzeugnisse wiederverwertbar sind, so weit wie möglich aus recycelten Fasern hergestellt werden, frei von gefährlichen Stoffen sind und auf ökologisch und sozial nachhaltige Weise produziert werden (EC, 2022).

Textilien bestehen aus verschiedenen Fasertypen, die mit unterschiedlichen Verfahren am Ende des Lebenszyklus verwertet werden müssen. Alttextilien müssen erst gesammelt, sortiert und klassifiziert und ihre Qualität bewertet werden. Die erste Sortierung erfolgt hauptsächlich visuell, um die entsprechende Kategorie, wie Kleidung oder Accessoires, zu identifizieren. Dann werden die Textilien je nach ihrer Zusammensetzung in natürliche und synthetische Fasern eingeteilt. In einigen Fällen wird farblich sortiert und Zubehör entfernt, um die weitere Verarbeitung zu erleichtern. So wird die Materialkomplexität der Textilfasern minimiert, um die Effizienz von Recycling und Wiederverwendung zu maximieren – eine Herausforderung, da in den Textilabfallströmen sehr verschiedene Arten von Stoffen, Farben, Mustern und Verunreinigungen vorhanden sind (Lanz et al., 2024).

Mechanisches Recycling ist am weitesten verbreitet und ausgereift, birgt aber erhebliche Einschränkungen, da es nicht für die Behandlung aller Fasern geeignet ist, insbesondere nicht für Fasern nicht-organischen Ursprungs und Mischtextilien. Für Fasern, die nicht wiederverwendet oder mechanisch recycelt werden können, wird thermisches, chemisches oder bioenzymatisches Recycling notwendig, um eine Deponierung oder Verbrennung zu vermeiden (Lanz et al., 2024).

Mechanisches Recycling umfasst die physische Zerlegung der Fasern durch Methoden wie Schreddern, Zerquetschen oder Schmelzen, bevor die Fasern wieder zu Garn weiterverarbeitet werden. Die mechanische Verarbeitung führt zu schwächeren Fasern und minderwertigen Textilien (Downcycling), die nur begrenzt verwendbar sind, z. B. als Füllmaterial für Möbel oder Isolierung. Mechanisches Recycling ist am effektivsten für Textilien aus einem Material (z. B. 100 Prozent Baumwolle). Weniger effektiv ist es bei gemischten Materialien, da die angewandten Prozesse die Qualität des entstehenden Materials weiter verschlechtert (GAO, 2024).

Thermisches Recycling ist ein Verfahren, das auf Erhitzung basiert und darauf abzielt, entweder Polymere oder Bausteine mit niedrigem Molekulargewicht rückzugewinnen. Es wird zwischen thermomechanischem Recycling und thermochemischem Recycling unterschieden. Thermomechanisches Recycling wird für das Recycling thermoplastischer Textilien, z. B. Polyester, Polyamid, Polypropylen usw. angewandt, um diese durch Schmelzen wieder in ein Granulat oder in Fasern umzuwandeln. Bei thermochemischem Recycling dagegen wird Oxidation oder Wärme genutzt, um Polymere zu Monomeren abzubauen, welche als Ausgangsmaterial für die chemische Industrie verwendet werden können (Duhoux, 2021).

Beim chemischen Recycling werden Textilien mit Hilfe chemischer Lösungen in ihre molekularen Grundbausteine zerlegt und dann wiederaufgebaut, um Fasern von ähnlicher Qualität herzustellen. Sogar die Gewinnung eines hochwertigen

*Qualität,
Haltbarkeit und
Wiederverwertbarkeit
oft keine Priorität*

*Unterschiedliche
Recyclingtechnologien
für verschiedene
Fasertypen*

*Textilrecycling-
technologien: ...*

*... Mechanisches
Recycling*

*... Thermisches
Recycling*

*... Chemisches und
bioenzymatisches
Recycling*

Produkts nach dem Prozess (Upcycling) ist möglich. Bei synthetischen Fasern werden die Polymerketten in Monomere zerlegt, die dann getrennt, gereinigt und zu neuen Polymeren verarbeitet werden. Die Zusatzstoffe werden während des Reinigungsprozesses entfernt. Chemisches Recycling kann entweder in einem geschlossenen Kreislauf erfolgen (das Material wird zu einem identischen Produkt recycelt), z. B. bei reinem Polyester (PET) und Nylon-6-Materialien, oder in einem offenen Kreislauf (das Material wird zu einer anderen Produktkategorie recycelt), z. B. bei Baumwollmaterialien. Deren Endprodukt ist eine Zellulosepulpe, die zur Herstellung neuer Fasern wie Viskose, Lyocell oder Rayon genutzt wird (Lanz et al., 2024). Die derzeitigen chemischen Recyclingverfahren sind in der Regel nicht für gemischte Materialien einsetzbar. Neuartige Ansätze mit Enzymen können einige gemischte Materialien trennen (Kehl & Rioussset, 2024), z. B. Baumwolle und Polyester (GAO, 2024). Ein Pilotprojekt in Österreich entwickelt ein Verfahren zur chemischen Trennung und biotechnologischen Aufwertung von Mischtextilien². Andere innovative Lösungsansätze sind bereits teilweise in Umsetzung, wie z. B. REFIBRA (Lenzing AG, AT), CIRCULOSE (Renewcell AB, SE), ONCEMORE (Södra, SE), SAXCELL (SaXcell BV, NL), WORNAGAIN (Worn Again Technologies Ltd., GB) und WOLKAT (Wolkat Group, NL)³.

Mechanische Recyclingtechnologien gibt es seit der industriellen Revolution, sie sind allerdings aufgrund moderner Herausforderungen wie der umfangreichen Verwendung von Mischmaterialien nur begrenzt einsetzbar. Eine verbesserte Kennzeichnung, die eine Vielzahl von Details enthält (z. B. Zusammensetzung, Produktionsprozess und Recyclingfähigkeit), könnte zur Lösung dieses Problems beitragen, wird aber wenig umgesetzt (GAO, 2024). *Thermochemisches* Recycling gilt als ausgereifte Technologie, auch wenn die Herstellung von Rohstoffen für die chemische Industrie erst seit kurzem möglich ist (Duhoux, 2021). *Chemisches* Textilrecycling ist derzeit nicht für den breiten Einsatz verfügbar. Theoretisch könnten fast alle Polymere von Kunstfasern depolymerisiert werden, jedoch wurde ein effizientes, praktisches Verfahren, das für alle Polymere geeignet ist, noch nicht entwickelt (Lanz et al., 2024). Solche Technologien haben sich jedoch im Labor und in kleinem Maßstab schon bewährt, haben allerdings teils einen hohen Energieverbrauch⁴. Auch ist die Empfindlichkeit gegenüber Schwankungen im Einsatzstoff bzw. gegenüber Störstoffen hoch und wirkt sich negativ auf die Qualität der Rezyklate bzw. den erforderlichen Aufbereitungsaufwand aus, und senkt somit die Wirtschaftlichkeit der Verfahren (Kehl & Rioussset, 2024).

Die Sortierung ist eine wichtige Voraussetzung für alle Recyclingtechnologien. Automatisierte Sortiersysteme werden erst seit Kurzem eingesetzt, die weltweit erste Anlage öffnete 2021 in Malmö.⁵ Infrarot-Scanner könnten beispielsweise die Zusammensetzung von Textilien erkennen und die Sortierung der Materialien unterstützen. Künstliche Intelligenz und Robotik könnten eingesetzt werden, um Material mit hoher Genauigkeit zu sortieren, aber solche Technologien sind noch teuer und nicht großflächig in Anwendung (GAO, 2024; Tang, 2023).

Wie ausgereift sind die Recyclingtechnologien?

Automatisierte Sortiersysteme

² fti-ressourcenwende.at/de/projekte/kreislaufwirtschaft/PolyBacTex.php.

³ umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/dp184.pdf.

⁴ umweltbundesamt.de/publikationen/chemisches-recycling.

⁵ recyclingmagazin.de/2021/02/18/weltweit-erste-vollautomatisierte-textilsortieranlage-in-malmoel/.

Produktion und Verbrauch von Textilien nehmen weiter zu, dennoch ist die Bewirtschaftung von Textilabfällen in Europa nach wie vor suboptimal. Wiederverwendung ist sowohl aus ökologischer als auch aus sozioökonomischer Sicht der vorteilhafteste Bewirtschaftungspfad. Mechanisches Recycling ist gemessen an den meisten Umweltauswirkungskategorien der zweitwichtigste Weg. Diese Recyclingpfade sind allerdings momentan gegenüber der Verbrennung wenig wirtschaftlich wettbewerbsfähig, dazu müssten entweder die CO₂-Bepreisung steigen oder die Technologie- und Verarbeitungskosten sinken (Solis et al., 2024).

Recycling momentan nicht wettbewerbsfähig gegenüber Verbrennung

Derzeit mangelt es vor allem an skalierbaren Faser-zu-Faser-Recyclinglösungen, bedingt durch⁶ (GAO, 2024):

Herausforderungen

- Mechanische und chemische Textilrecyclingtechnologien sind durch einen Mangel an unterstützender Infrastruktur begrenzt; nicht ausreichende Produktinformation für die Sortierung.
- Mangel an ausgereiften und (wirtschaftlich) skalierbaren Recyclingtechnologien; Mangel an Technologien, die die Qualität der Textilien erhalten und gemischte Materialien trennen können.
- Recyclingeignung der Materialien, fehlende ausreichende Inputmengen für das Recycling, eine geringe Nachfrage nach Recyclingmaterial; hohe Kosten und hoher Energieverbrauch.

RELEVANZ DES THEMAS FÜR DAS PARLAMENT UND FÜR ÖSTERREICH

Eine Umstellung auf ein kreislaforientiertes Produktions- und Verbrauchssystem für Textilien mit längerer Nutzungsdauer, mehr Wiederverwendung, Reparatur und Recycling sowie eine Verringerung des Gesamtverbrauchs ist notwendig. Die österreichische Textil-, Bekleidungs-, Schuh- und Lederindustrie besteht aus 319 Unternehmen mit mehr als 19.500 Beschäftigten und einem Jahresumsatz von etwa 2,25 Mrd. Euro.⁷ Sie steht unter erheblichem Wettbewerbsdruck und war in den letzten Jahrzehnten teils von massiven Verlagerungen der Wertschöpfungsketten nach Asien betroffen. Zur Abgrenzung setzen heimische Unternehmen vor allem auf Qualität, sodass die Produkte österreichischer Hersteller oft in höherpreisigen Segmenten zu finden sind. Hier könnten verschiedene Instrumente zur Etablierung einer zirkulären Textilwirtschaft ansetzen und Chancen wie eine nachhaltige öffentliche Beschaffung von Textilprodukten genutzt werden.⁸ Dieser relativ große Hebel, könnte in Zukunft eventuell noch besser genutzt werden.⁹ Auch die Einführung einer erweiterten Herstellerverantwortung für Textilien wurde EU-weit vorgeschlagen. Hier müssen Hersteller die Kosten für die Bewirtschaftung von Textilabfällen übernehmen.¹⁰

⁶ umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/dp184.pdf.

⁷ wko.at/oe/industrie/textil-bekleidung-schuh-leder/factsheet-textil-bekleidungs-schuh-leder, Stand 2024.

⁸ iwi.ac.at/wp-content/uploads/2021/11/BMK-Kreislaufwirtschaft-im-Textilsektor.pdf.

⁹ nabe.gv.at/textilien-miettextilien-services;

bmz.del/resource/blob/147140/leitfaden-nachhaltige-textilbeschaffung.pdf.

¹⁰ umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/dp194.pdf.

VORSCHLAG WEITERES VORGEHEN

Eine auf Österreich fokussierende Studie könnte zur Klärung folgender Fragen beitragen (siehe auch GAO, 2024):

- Welche Standards könnten dazu beitragen, die Eignung von Textilien für das Recycling zu verbessern?
- Welche Sicherheitsvorkehrungen sollten getroffen werden, um die Umweltgefahren des Textilrecyclings zu minimieren? Welche Innovationen für umweltfreundliches Recycling müssen erforscht/gefördert werden?
- Welche technologischen Verbesserungen und welche Infrastrukturen sind erforderlich, um ein umfassendes Textilrecycling zu ermöglichen?
- Welche Strategien und Instrumente können den Einsatz von Rezyklaten erhöhen (Kehl & Rioussset, 2024)?

*Politischer Kontext
und dringende Fragen*

ZITIERTE LITERATUR

- Bernhardt, A., et al. (2024). *Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2024 für das Referenzjahr 2022*, bmk.gv.at/dam/jcr:7119f610-1180-4337-8837-f5c45e73b4b5/BAWP_Statusbericht_2024.pdf.
- Bernhardt, A., et al. (2022). Aufkommen und Behandlung von Textilabfällen in Österreich, umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0788.pdf.
- Duhoux, T. et al. (2021). Study on the technical, regulatory, economic and environmental effectiveness of textile fibres recycling. *Final Report to the European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/739a1cca-6145-11ec-9c6c-01aa75ed71a1.
- Dzhengiz, T., et al. (2023). (Un)Sustainable transitions towards fast and ultra-fast fashion. *Fashion and Textiles*, 10(1), 19, doi.org/10.1186/s40691-023-00337-9.
- EC (2022). *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles*, environment.ec.europa.eu/document/download/74126c90-5cbf-46d0-ab6b-60878644b395_en?filename=COM_2022_141_1_EN_ACT_part1_v8.pdf.
- EEA (2022). *Textiles and the environment: the role of design in Europe's circular economy*, eea.europa.eu/publications/textiles-and-the-environment-the.
- GAO (2024). *Science & Tech Spotlight: Textile Recycling Technologies*, gao.gov/products/gao-24-107486.
- Kehl, C., & Rioussset, P. (2024). *Strategien und Instrumente zur Verbesserung des Rezyklateinsatzes. Mit Fallstudien zu Kunststoffverpackungen, Elektrogeräten sowie Baustoffen. Endbericht zum TA-Projekt*.
- Lanz, I. E., et al. (2024). A Mapping of Textile Waste Recycling Technologies in Europe and Spain. *Textiles*, 4(3), 359-390. doi:10.3390/textiles4030022.
- Niinimäki, K., et al. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 189-200, doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9.
- Solis, M., et al. (2024). Management of textile waste in Europe: An environmental and a socio-economic assessment of current and future scenarios. *Resources, Conservation and Recycling*, 207, 107693.
- Tang, K. H. (2023). State of the Art in Textile Waste Management: A Review. *Textiles*, 3(4), 454-467. doi:10.3390/textiles3040027.