



Themenkurzprofil Nr. 81

Juni 2025

Nachhaltiges Textilrecycling: vom Abfall zum Rohstoff

Sonja Kind

In Kürze

Textilien sind aus dem Alltag nicht wegzudenken. Neben Kleidung und Schuhen finden textile Fasern breite Anwendung in Bereichen wie Landwirtschaft, Bauwesen oder Industrie – etwa in Teppichen, Polstern oder Verbandsmaterialien. Seit der Jahrtausendwende hat sich die weltweite Textilproduktion mehr als verdoppelt, weiteres Wachstum ist absehbar. Zugleich prägen Überproduktion und Fast Fashion die Branche: Ständig neue Kollektionen führen zu enormen Umweltbelastungen. Kleidung allein verursacht 2 bis 10 % der negativen Umweltauswirkungen des Konsums in der EU – etwa durch Treibhausgase, Toxizität oder Wasserverschmutzung.

Die Wiederverwertung textiler Materialien ist herausfordernd. Textilien bestehen aus komplexen Mischungen verschiedener Fasern, Farbstoffe und Zusätze sowie funktionalen Bestandteilen wie Knöpfen oder Reißverschlüssen, was das Recycling erschwert. Ansätze zur Verbesserung reichen von KI-gestützter Sortierung über chemische und thermische Verfah-

ren bis hin zum Einsatz von Enzymen. Viele Technologien befinden sich jedoch noch in der Entwicklung und sind nicht im industriellen Maßstab verfügbar.

Ein geschlossener Textilkreislauf existiert bislang nicht. Weltweit werden weniger als 1 % der Textilien zu neuer Kleidung recycelt. In Deutschland gehen 62 % der sortierten Alttextilien in den Secondhandmarkt, 26 % werden stofflich verwertet, 8 % verbrannt, 4 % deponiert. Meist handelt es sich um Downcycling, wobei nur etwa 5 % der recycelten Materialien als neue Fasern in die Textilproduktion zurückfließen.

Die EU-Textilstrategie will dies ändern. Sie fordert eine stärkere Herstellerverantwortung über den gesamten Lebenszyklus und eine nachhaltige Abfallbewirtschaftung. Ergänzende Regelungen – etwa zur getrennten Sammlung oder zum Ökodesign – sollen das Textilrecycling voranbringen. Deutschland arbeitet aktuell an der Umsetzung, insbesondere bei der erweiterten Herstellerverantwortung.

Hintergrund und Entwicklungsstand

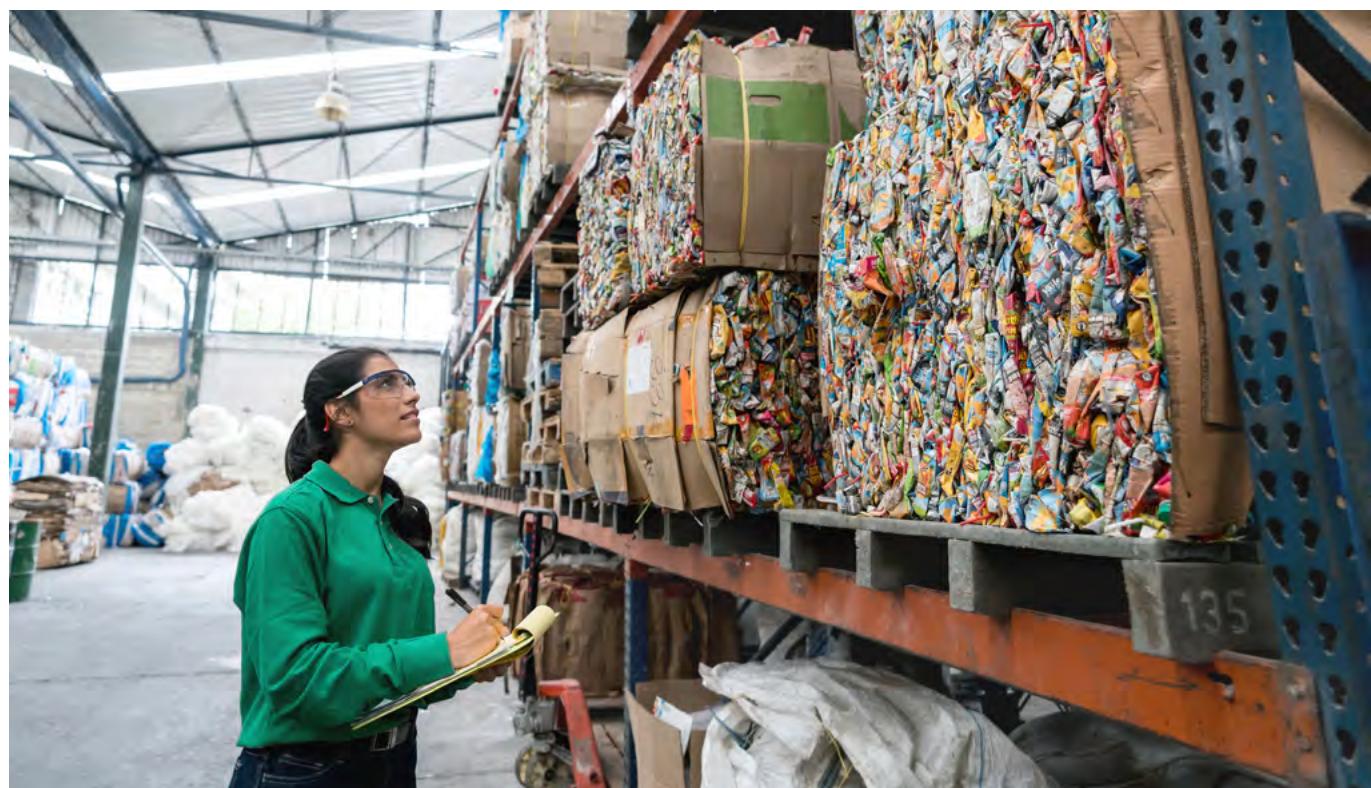
Stark steigende Textilabfallmengen vor allem durch Fast Fashion

Die Textilbranche ist ein bedeutender Wirtschaftssektor in Europa. 2024 erwirtschaftete der Textil- und Bekleidungssektor innerhalb der EU einen Umsatz von 170 Mrd. Euro. Rund 1,3 Mio. Beschäftigte arbeiteten in ca. 197.000 Unternehmen (Euratex 2024). Deutschland nimmt dabei eine herausgehobene Rolle ein: Mit einem Umsatzanteil von fast 20 % (32 Mrd. Euro) und 121.000 Beschäftigten in 1.400 Betrieben war Deutschland 2024 einer der wichtigsten europäischen Standorte der Branche (Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V. 2024). Deutschland dominiert bei den Importen vor Frankreich und Spanien sowie bei den Exporten vor Italien und den Niederlanden (CBI 2025).

In den vergangenen zwei Jahrzehnten ist die Nachfrage nach Textilien, insbesondere Kleidung, enorm gestiegen. Heute werden global viermal so viele Kleidungsstücke pro Jahr gekauft wie vor 20 Jahren (Fashion United o. J.). Allein in der EU wurden 2020 rund 6,9 Mio. t Textilprodukte angefertigt. Neben Bekleidung umfassen diese auch Teppiche, Heim-, technische und industrielle Textilien sowie Zwischenprodukte wie Fasern und Garne (EEA 2022). Auch für die kommenden Jahre wird in Europa ein weiteres Wachstum der produzierten Menge von durchschnittlich 3 % pro Jahr erwartet (Löw et al. 2024), weltweit sogar 5 % (Statista 2025).

Mit der steigenden Produktion hat parallel der Konsum deutlich zugenommen. In den letzten Jahrzehnten ist die Zahl der pro Person gekauften Kleidungsstücke in der EU um 40 % gestiegen. 2020 kauften EU-Bürger/innen insgesamt 6,6 Mio. t Kleidung und Schuhe, also durchschnittlich 14,8 kg pro Person (EC DG Environment o. J.; EEA 2022). In Deutschland lag 2021 der Verbrauch laut UBA (2023) bei etwa 1,62 Mio. t, wobei allein auf Bekleidung ca. 18 kg pro Person entfielen, also dreimal so viel wie im EU-Durchschnitt (bvse 2020).

Diese hohen Produktions- und Konsummengen führen weltweit zu sehr großen Textilabfallmengen. Jährlich fallen global ca. 92 Mio. t Textilabfälle an, mit einer geschätzten Zunahme um 60 % von 2015 bis 2030 (GFA 2018; Gözet/Wilts 2022). Bezogen auf die EU fielen 2022 laut Statistischem Bundesamt (Destatis 2025) insgesamt 910.000 t Textilabfälle aus privaten Haushalten an, davon 148.900 t (16 %) in Deutschland. Damit steht Deutschland bezogen auf den Pro-Kopf-Verbrauch nach Italien an zweiter Stelle. Während in zahlreichen Ländern das Textilabfallaufkommen in den vergangenen Jahren gesunken ist, (z. B. in Frankreich um 51 %) (Gözet/Wilts 2022), erzeugte Deutschland 2023 55 % mehr Bekleidungs- und Textilabfälle als noch 10 Jahre zuvor (Destatis 2025). Die deutliche Abnahme in Frankreich könnte mit der bereits 2008 eingeführten erweiterten Herstellerliverantwortung für Textilien zusammenhängen. Die Hersteller und Inverkehrbringer von Textilien sind dazu verpflichtet, sich an der Sammlung, Sortierung und Verwertung von Alttextilien zu beteiligen (Fashion United o. J.). Trotz wachsender Recycling-



bemühungen gelingt es bisher jedoch noch nicht umfassend, das Textilabfallaufkommen zu reduzieren oder ressourcenschonend in Recyclingkreisläufe zu überführen (Statista 2024).

Ein zentraler Treiber der hohen Produktions- und Konsummengen sind globale Trends im Modesektor, insbesondere der Einfluss von Fast Fashion. Kleidung wird zu immer günstigeren Preisen angeboten, oft in minderer Qualität, was zu einer kürzeren Nutzungsdauer führt. Besonders prägend ist das Geschäftsmodell großer Modeketten, die aktuelle Trends führender Designer in rasch wechselnden Kollektionen zu niedrigen Preisen auf den Markt bringen. Während traditionelle Modemarken 2 bis 4 Kollektionen pro Jahr anbieten, bringen Unternehmen wie H&M 12 bis 16 und Zara sogar bis zu 24 neue Kollektionen pro Jahr in ihre Filialen (EEA 2022). Oftmals werden Kleidungsstücke weniger als 10-mal getragen oder sogar schon nach einmaligem Tragen entsorgt. Zu den führenden Fast-Fashion-Konzernen in Europa zählen Inditex (z. B. mit den Marken Zara, Zara Home), H&M und Primark. In Deutschland dominiert insbesondere H&M den Markt für schnelllebige Mode.

Textilabfälle bestehen überwiegend aus Polyester und Baumwolle. Dabei variiert je nach betrachteter Produktgruppe der Faseranteil verschiedener Materialien erheblich. Während Bekleidungsstücke wie T-Shirts, Blusen und Hosen einen hohen Baumwollanteil von 45 bis 70 % aufweisen, bestehen Heimtextilien wie Vorhänge, Decken und Teppiche sowie technische Textilien überwiegend aus Polyester (Huygens et al. 2023; van Duijne et al. 2022).

Im europäischen Vergleich werden in Deutschland viele Altkleider gesammelt

In Deutschland erfolgt die Sammlung von Altkleidern hauptsächlich über Container im öffentlichen Raum, Kleiderkammern sowie über kommunale Recyclinghöfe, die von gewerblichen oder gemeinnützigen Organisationen sowie von kommunalen Entsorgungsunternehmen betrieben werden (UBA 2023; Wagner et al. 2022).

Obwohl Altkleider umfangreich gesammelt werden, gibt es laut Öko-Institut (2024) und UBA (2022) keine verlässliche Daten zur tatsächlich erfassten Menge. Im Gegensatz zu anderen Bereichen wie Verpackungen oder Elektrogeräte fehlen im Textilsektor bisher verbindliche Registrierungs- oder Berichtspflichten für in Verkehr gebrachte, gesammelte oder verwertete Textilien. Dadurch variieren die Schätzungen zur Sammelquote stark. 2018 wurden in Deutschland ca. 1 Mio. t Altkleider gesammelt. Abhängig von der angenommenen Wegwerfrate entspricht die Sammelquote 50 bis 64 % der in den Handel gebrachten Menge an Textilien von 1,56 Mio. t. Von den verbleibenden 36 bis 50 % der Altkleider wird geschätzt, dass zwei Drittel im Restmüll entsorgt werden, während ein Drittel in Kleiderschränken aufbe-

wahrt, verschenkt oder verkauft wird. Damit liegt Deutschland mit seiner Sammelquote deutlich über den europäischen Durchschnitt von nur 12 % (EEA 2022; Löw et al. 2024; Wagner et al. 2022). Doch trotz der vergleichsweise hohen Sammelquote in Deutschland gelangt immer noch ein großer Teil Altkleider auf Mülldeponien oder wird verbrannt.

Sortierung von Altkleidern erfolgt überwiegend noch von Hand

Nach der Sammlung von Altkleidern erfolgt deren Sortierung in spezialisierten Sortierzentränen. Dabei werden die Textilien in mehrere hundert Kategorien eingeteilt, wobei Faktoren wie Qualität, Kleidungsart, Farbe, Material und Größe eine Rolle spielen (Löw et al. 2024). Während für die erste Stufe des Recyclings, die Wiederverwendung, die Sortierung auf Artikelebene erfolgt, erfordert das Recycling in darauffolgenden Stufen eine Trennung nach Faserart. Dies liegt an den spezifischen Anforderungen und Einschränkungen der verschiedenen Faserrecyclingprozesse (Huygens et al. 2023).

Der größte Teil der Sortierung findet bisher manuell statt. In den letzten Jahren hat zwar die automatisierte Sortierung an Bedeutung gewonnen, sie befindet sich dennoch weiterhin in der Entwicklungsphase. Automatisierte Systeme sind mit einer Sortierkapazität von 900 bis 4.500 kg pro Stunde deutlich schneller als die manuelle Sortierung, bei der eine einzelne Person lediglich 100 bis 150 kg pro Stunde verarbeiten kann. Trotz erster Einsätze automatisierter Sortierverfahren bestehen weiterhin Herausforderungen, insbesondere bei der Fehlertoleranz in der Farberkennung dunkler Stoffe oder der Trennung von Materialien mit ähnlicher chemischer Faserzusammensetzung. Aktuell werden in der EU weniger als 1 % der Alttextilien mithilfe automatisierter Sortiersysteme verarbeitet (Huygens et al. 2023).

Für die automatisierte Sortierung wird überwiegend die Nahinfrarotspektroskopie (NIR) eingesetzt. Dieses spektroskopische Verfahren analysiert die Materialzusammensetzung anhand elektromagnetischer Wellen und identifiziert charakteristische Spektralmuster der chemischen Strukturen. Dadurch lassen sich verschiedene Materialarten unterscheiden, etwa reine Baumwollfasern, Mischgewebe aus Baumwolle und Polyester oder Zellulosefasern. Größere Sortieranlagen mit Kapazitäten von 2.000 bis 40.000 t pro Jahr stehen in Schweden (Sipte), Spanien (Coleo Recycling) und Dänemark (NewRetex). Ergänzend kommen halbautomatisierte Verfahren mit Handscannern zum Einsatz. Durch Anwendung künstlicher Intelligenz könnte die Genauigkeit der NIR-Technologie künftig weiter verbessert werden. Dennoch bleibt für den Secondhandmarkt die manuelle Auslese voraussichtlich das am besten geeignete Verfahren (Huygens et al. 2023).

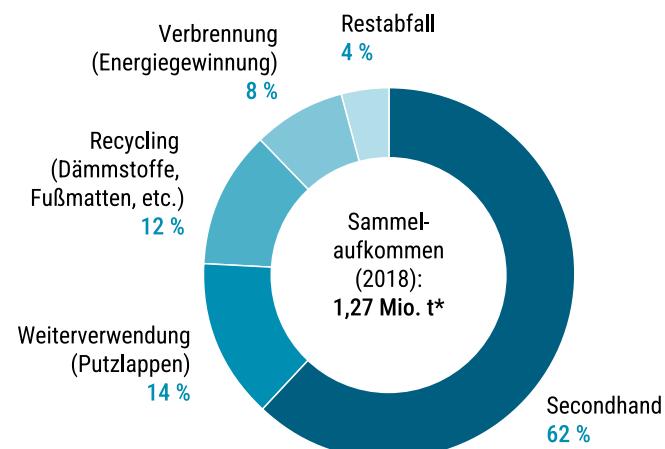
Ein weiterer technologischer Ansatz zur Optimierung der Altkleidersortierung ist die bessere Nachverfolgbarkeit von Tex-

tilien durch digitale Produktpässe. Dieses Konzept ist Teil der Verordnung (EU) 2024/1781¹ (Ökodesign-Verordnung), die am 18. Juli 2024 in Kraft trat und einen wesentlichen Baustein der EU-Strategie für zirkuläre und umweltfreundliche Textilien darstellt. Außerdem ist hierfür die Verordnung (EU) Nr. 1007/2011² (Textilkennzeichnungsverordnung) relevant, die aktuell überarbeitet und in einer revidierten Fassung voraussichtlich im vierten Quartal 2025 veröffentlicht wird. Die Integration von RFID-Tags (Radiofrequenzidentifikation) in Kleidungsstücke könnte die Rückverfolgbarkeit entlang der Lieferkette deutlich verbessern und die Sortierung für die Wiederverwendung sowie das Faser-recycling erleichtern (EP DG for Parliamentary Research Services 2024). Damit solche Lösungen effektiv funktionieren, sind jedoch einheitliche Standards sowie eine enge Zusammenarbeit aller relevanten Akteure aus der Textil- und Abfallwirtschaft erforderlich (EP DG for Parliamentary Research Services 2024; Huygens et al. 2023). Dies müsste idealerweise auch internationale Akteure über die EU-Grenze hinaus mit einschließen.

Alttextilien werden nur zu sehr geringen Anteilen wieder zu neuer Kleidung verarbeitet

Nach der Sammlung erfolgt die weitere Verwertung von Alttextilien. Von den 2018 ca. 1,27 Mio. t Alttextilien (Bekleidung, Heimtextilien und Schuhe), die in Deutschland gesammelt und sortiert wurden, wurden 62 % in den Secondhandmarkt in oder außerhalb der EU überführt (Jungmichel et al. 2021). Nicht mehr tragbare Textilien werden weiterverarbeitet, beispielsweise zu

Abbildung 1 Verwertungsströme von Alttextilien in Deutschland



* Die Angabe enthält neben Bekleidungs- auch Haustextilien und Schuhe

Quelle: Jungmichel et al. (2021, S. 35)

Putzlappen für die Industrie oder nach dem Schreddern zu Materialien wie Dämmstoffe, Autoinnenverkleidungen und Fußmatten. Insgesamt werden etwa 26 % der gesammelten Altkleider auf diese Weise verwertet. Rund 8 % der Alttextilien sind nicht mehr recycelbar und werden zur Energiegewinnung verbrannt, während etwa 4 % aus nichttextilen Materialien bestehen und als Abfall entsorgt werden. Die zunehmende Verbreitung günstiger Mode erschwert jedoch die Wiederverwendung auf Secondhandmärkten, da viele Fast-Fashion-Artikel aufgrund ihrer geringen Qualität nicht repariert oder stofflich recycelt werden können. Oftmals bleibt dann nur ein Downcycling oder die thermische Verwertung als Optionen (Jungmichel et al. 2021; Wagner et al. 2022).

Bei der Weiterverarbeitung von Alttextilien wird zwischen Open-Loop- und Closed-Loop-Recycling unterschieden (Abbildung 2). Laut Huygens et al. (2023) werden in der EU jährlich zwischen 0,7 und 0,85 Mio. t Altkleider recycelt. Das Closed-Loop-Recycling umfasst mechanische, chemische oder thermische Verfahren, bei denen Fasern wiederverwertet werden, um neue Textilien herzustellen. Im Open-Loop-Recycling hingegen werden Alttextilien durch Schneiden, Mahlen oder Schreddern zu Materialien für andere Industriezweige verarbeitet, etwa als Dämm- oder Vliesstoffe. Von den für das Recycling verfügbaren Textilabfällen fließen nur etwa 30 % in ein Faser-zu-Faser-Recycling, das auf die Rückgewinnung von Fasern zur Produktion neuer Textilien abzielt. Allerdings sind lediglich 16 % der recycelten Fasern lang genug, um erneut zu Garn versponnen zu werden. Dies entspricht nur 5 % der gesammelten Alttextilien. Weltweit betrachtet werden sogar weniger als 1 % der gesammelten Textilien wieder in neue Produkte umgewandelt (EEA 2022).

Die Zahlen verdeutlichen: Ein Großteil der recycelten Textilien wird derzeit nicht für die Produktion neuer Bekleidung oder Heimtextilien genutzt, sondern stattdessen hauptsächlich für Anwendungen mit geringen Qualitätsanforderungen weiterverarbeitet – etwa als Putzlappen oder Dämmmaterial für die Automobilindustrie (Huygens et al. 2023).

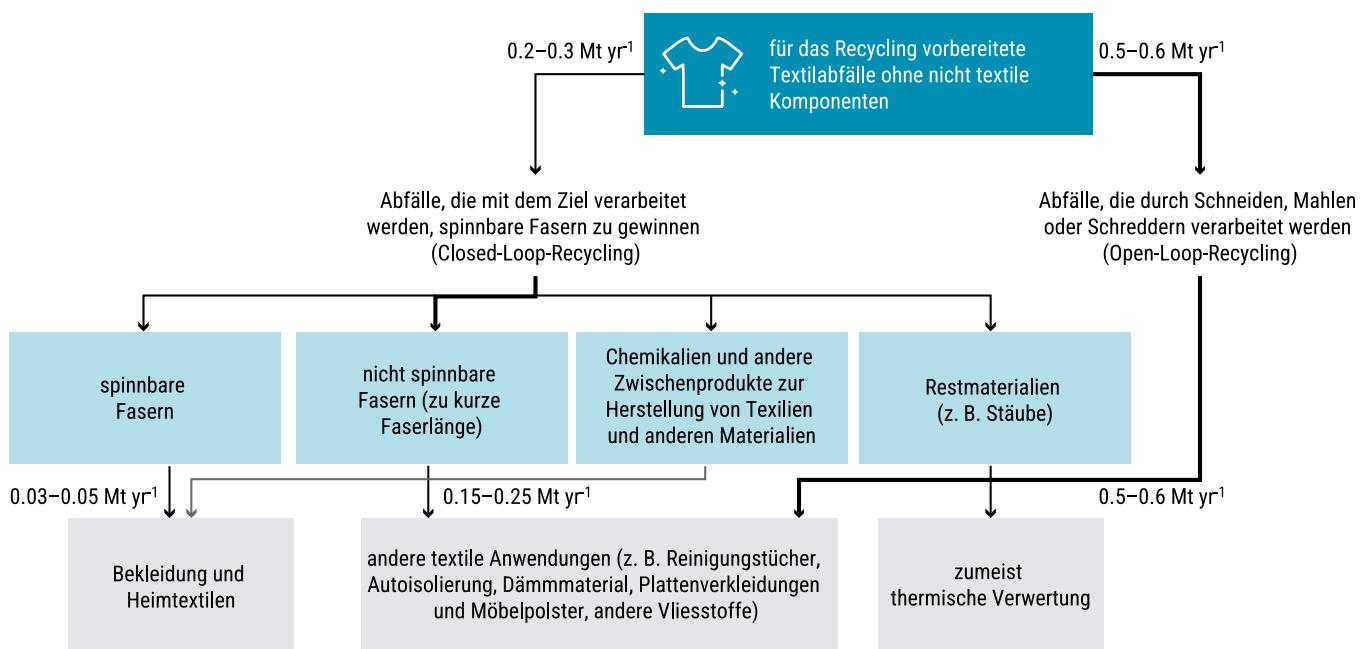
Faser- und Materialrecyclingtechnologien von Textilabfällen sind unterschiedlich weit entwickelt – mit individuellen Stärken und Schwächen

Grundsätzlich lassen sich die Recyclingtechnologien in zwei Hauptkategorien unterteilen: das werkstoffliche und das rohstoffliche Recycling. Der wesentliche Unterschied bei beiden Verfahren liegt im erzeugten Produkt: Rohstoffliches Recycling zerlegt das Ausgangsmaterial in seine chemischen Grundbausteine, wobei flüssige Kohlenwasserstoffgemische und Synthesegase entstehen. Beim werkstofflichen Recycling bleibt die ursprüngliche Molekülstruktur von Polymeren oder Monomeren weitgehend erhalten und es entstehen feste Stoffe wie Flocken, Pellets oder Fasern. Aufgrund des geringeren Energie- und Chemikalienbedarfs wird in der Regel das werkstoffliche Recycling

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

2 Verordnung (EU) Nr. 1007/2011 vom 27. September 2022 über die Bezeichnungen von Textilfasern und die damit zusammenhängende Etikettierung und Kennzeichnung der Faserzusammensetzung von Textilerzeugnissen und zur Aufhebung der Richtlinie 73/44/EWG und der Richtlinien 96/73/EG und 2008/121/EG

Abbildung 2 Überblick zu Alttextilflüssen in Open- und Closed-Loop-Recyclingverfahren



Quellen: nach Huygens et al. (2023, S. 58), Löw et al. (2024, S. 12)

bevorzugt (bifa Umweltinstitut 2023; Jungmichel et al. 2021; Löw et al. 2024).

Bevor jedoch eines dieser Recyclingverfahren eingesetzt werden kann, sind verschiedene vorbereitende Schritte notwendig. Hierzu gehören unter anderem die Entfernung nicht textiler Bestandteile wie Reißverschlüsse, Knöpfe oder Etiketten, das Trocknen und Reinigen sowie die Zerkleinerung der Textilien (Hakens/ Nguyen o. J.; Löw et al. 2024). Je nach Verfahren unterscheiden sich die Recyclingmethoden hinsichtlich der verwendeten Inputmaterialien, des Energieeinsatzes und der Art des Outputs (bifa Umweltinstitut 2023).

Methoden des werkstofflichen Recyclings

- **Mechanische Aufbereitung:** Bei diesem Verfahren werden Textilabfälle nach Materialien sortiert und mechanisch aufbereitet, beispielsweise durch Reißen und Schreddern, um sie für die Weiterverarbeitung nutzbar zu machen. Dieses Verfahren dominiert derzeit den Markt mit einem Anteil von etwa 65 bis 87 %.
- **Lösungsmittelbasierte Aufbereitung:** Hierbei werden bestimmte Materialien gezielt aus Mischgeweben oder Verbundstoffen herausgelöst, ohne dass eine chemische Reaktion mit dem Lösungsmittel stattfindet. Die Polymerkette bleibt intakt, während unerwünschte Stoffe wie Farbstoffe durch die Auswahl des Lösungsmittels entfernt werden können.
- **Depolymerisierung:** Dieses Verfahren wird teilweise unter dem Begriff des chemischen Recyclings zusammengefasst, unterscheidet sich jedoch von rohstofflichen Recyclingprozessen.

Durch kontrollierte chemische Reaktionen werden gut sortierte Faserarten in Monomere zerlegt, die anschließend wieder in der industriellen Produktion verwendet werden können. Dabei kommen unter anderem hydrolytische oder glykolytische Prozesse in wasser- oder lösungsmittelbasierten Systemen zum Einsatz, die durch Mikrowellen oder Katalysatoren beschleunigt werden können.

Methoden des rohstofflichen oder thermochemischen Recyclings

Bei hohen Temperaturen wird die chemische Struktur der Fasern in Kohlenwasserstoffe mit kurzen Kettenlängen aufgespalten. Der dabei entstehende Output kann in der chemischen Industrie als Kohlenstoffbasis weiterverwendet oder als Ersatzbrennstoff genutzt werden. Dazu zählen die Verfahren Pyrolyse und Vergasung, wobei Letzteres insbesondere für das Recycling von Alttextilien zur Anwendung kommt.

Andere Recyclingmethoden

Zusätzlich werden biologische Methoden erprobt, bei denen Stoffe mithilfe von Pilzen und Bakterien zersetzt werden, sofern die Ausgangsmaterialien biologisch abbaubar sind. Weitere Ansätze nutzen Ammonolyse zur Herstellung von Aminen oder enzymatische Hydrolyse (Piera Centobelli et al. 2022).

Da Textilien oft aus mehreren Faserarten bestehen, werden verschiedene Verfahren miteinander kombiniert. So können beispielsweise bestimmte Faserarten wie Baumwolle zu Glucose depolymerisiert und außerdem Polyesterfasern aus Mischgeweben herausgefiltert werden.

Zu den chemischen Verfahren werden auch innovative neue Ansätze gezählt wie die enzymatische Depolymerisation (Basu 2025). Bei diesem Verfahren werden Plastikabfälle, einschließlich solcher aus Altkleidern, in hoher Qualität zu PET-Monomeren recycelt. Ein Vorteil dieses enzymatischen Verfahrens besteht darin, dass weniger Chemikalien benötigt werden, auch wenn es in Bezug auf die Ökobilanz nicht an das mechanische Verfahren heranreicht (Löw et al. 2024). Allerdings bietet das enzymatische Verfahren eine deutlich bessere Produktqualität. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass die verschiedenen Recyclingverfahren hinsichtlich ihrer Ökobilanz und Nutzenbewertung individuell betrachtet werden müssen.

von Polyester aus Alttextilien spezialisiert. In Deutschland sind als Beispiele für Entwicklungen im Bereich Depolymerisierung die Unternehmen Matterr, spezialisiert auf Recycling von PE-Alttextilien/-Verpackungen, und Eeden zu nennen. Eeden verwandelt Alttextilien in Zellulose- und Polyesterkomponenten. Damit sich das Recycling weiter durchsetzt, braucht es noch gezieltere Strategien und Maßnahmen, um den Einsatz von Rezyklaten in der Textilindustrie zu erhöhen (TAB 2024a, 2024b).

Beispiele für Start-ups im Bereich Faserrecycling

Verschiedene Start-ups sind Innovationstreiber beim Faser-zu-Faser-Recycling. Darunter sind Renewcell und Södra (Schweden), Lenzing (Österreich) sowie Infinitex Fiber (Finnland), die auf chemisches Recycling spezialisiert sind. Sie nutzen vor allem zellulosereiche Ausgangsmaterialien wie Holz oder baumwollhaltige Alttextilien zur Herstellung von Zellstoff (Dahlbom/Martvall 2025). Andere Unternehmen nutzen zusätzlich zu polyesterhaltigen Alttextilien auch PET-Flaschen oder -Verpackungen, wie z. B. Carbios (Frankreich), CuRE Technology (Niederlande) und Worn Again (UK/Schweiz) (Dahlbom/Martvall 2025). Syre (USA), ein Unternehmen der H&M-Gruppe, hat sich ausschließlich auf das Recycling

Je nach Art der Alttextilien kommen unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Jedes Verfahren weist eigene Stärken und Schwächen auf (siehe dazu Huygen et al. 2023 sowie Öko-Institut 2024). Je nach Methode und zu verarbeitendem Ausgangsmaterial variiert der Reifegrad existierender Technologien stark. Beispielsweise ist das mechanische Recycling mit einem Reifegrad von 9 als industrielle Anwendung gut etabliert, während das chemische Recycling der Depolymerisation mit Reifegrad 4 (Versuchsaufbau im Labor) noch in der Entwicklungsphase ist. Aufgrund der Einschränkungen des mechanischen Recyclings – Downcycling, Ungeeignetheit für Materialgemische – sowie der rohstofflichen Wiederverwertung (insbesondere hoher Energieaufwand und die Produktion eines unspezifischen Kohlenwasserstoffmixes als Endprodukt) gilt aktuell die Depolymerisierung als das vielversprechendste Verfahren, auch wenn sie noch weiterentwickelt werden muss.

Tabelle Überblick zu Reifegraden verschiedener Faser- und Materialrecyclingmethoden von Textilabfällen

mechanisches Recycling (TRL 9)	Das mechanische Recycling ist das am weitesten verbreitete Verfahren und ist als industrielle Anwendung etabliert. Es eignet sich jedoch nur für Textilien mit sehr hohem Baumwollanteil (meist > 50 %) oder für Materialien mit einem einheitlichen Polymertyp – Mischtextilien sind nicht geeignet. Zudem führt die mechanische Verarbeitung zu einem Downcycling, bei dem die Fasern an Qualität verlieren und nicht mehr für die Herstellung von Bekleidung verwendet werden können. Stattdessen kommen sie in minderwertigen Anwendungen wie Füllmaterialien oder Isolierungen zum Einsatz.
lösungsmittelbasierte Aufbereitung (TRL 5 bis 9)	Bei der lösungsmittelbasierten Aufbereitung ist die Qualität des Endprodukts mit Frischfasern vergleichbar, verschlechtert sich jedoch bei wiederholtem Recycling. Einige Verfahren sind noch nicht im industriellen Maßstab etabliert und erfordern hohe Mengen Energie und Chemikalien für die Vorbehandlung der Textilien.
Depolymerisierung (TRL 4 bis 9)	Bei der Depolymerisierung variiert die Qualität des Endprodukts stark je nach Inputmaterial und reicht von Frischfaserqualität bis zu minderwertigen regenerierten Fasern. Depolymerisierungsverfahren sind noch in der Entwicklung, gelten jedoch als besonders vielversprechend.
rohstoffliches oder thermochemisches Recycling (TRL 4 bis 8)	Dieses Verfahren ermöglicht die Bearbeitung auch von heterogen zusammengesetzten oder verschmutzten Alttextilien. Allerdings ist der Energieaufwand sehr hoch und die Verfahren sind bisher noch nicht im industriellen Maßstab etabliert.

TRL: Technology Readiness Level/Technologiereifegrad

Gesellschaftliche und politische Relevanz

Die Textil- und Bekleidungsindustrie hat erhebliche Umweltauswirkungen, da bei ihrer Herstellung große Mengen an Energie und Rohstoffen verbraucht werden (Jungmichel et al. 2021). Diese Auswirkungen erstrecken sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Rohstoffgewinnung über die Verarbeitung und den Konsum bis hin zur Entsorgung und zum Recycling von Altkleidern. Kleidung macht bezogen auf verschiedene Umweltkategorien, wie Treibhausgaseffekte, Toxizität, Wasserverschmutzung etc., allein 2 bis 10 % der gesamten Umweltwirkungen in Europa aus (Beton et al. 2014; EEA 2022). Zu den wichtigsten Umweltbelastungen zählen der Wasserverbrauch, die chemische Verschmutzung und CO₂-Emissionen (Gudowsky-Blatakes 2024; Hakens/Nguyen o. J.). Die Umweltauswirkungen der Bekleidungsindustrie sind demzufolge sehr hoch und verdeutlichen den großen Bedarf an nachhaltiger Herstellung, Nutzung und Recycling von Textilien (Jungmichel et al. 2021).

- **Hoher Landverbrauch:** Anbauflächen für Baumwolle konkurrieren mit Flächen für die Lebensmittelproduktion. Die globale Anbaufläche von Baumwolle beläuft sich auf 34,8 Mio. ha, vergleichbar mit der Fläche Deutschlands. Dies entspricht 2 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen weltweit (BMZ 2023). Zudem führt der hohe Pestizid- und Düngemittelleinsatz zu Bodenversalzung, Biodiversitätsverlust und sinkender Bodenfruchtbarkeit.
- **Mikroplastik aus synthetischen Fasern:** Das Waschen synthetischer Fasern, z. B. Polyester, Elastan, ist für bis zu 35 % des weltweit in die Umwelt freigesetzten Mikroplastiks ursächlich (Boucher/Friot 2017). In Deutschland gelangen bei der Haushaltswäsche schätzungsweise bis zu 49 t Mikroplastik pro Jahr in die Umwelt (EEA 2022; HN NRW 2021).

Umweltauswirkungen der Bekleidungsindustrie

- **Hoher CO₂-Ausstoß:** Mehr als 1 % der weltweiten Treibhausgasemissionen stammen aus der Textilproduktion. Weniger konservative Schätzungen gehen sogar von 2 bis 8 % Anteil aus (Petrie 2023). 2020 wurden in der EU 121 Mio. t CO₂ (270 kg pro Person) ausgestoßen (Jungmichel et al. 2021). Damit stehen Textilien in der EU an fünfter Stelle des konsumbezogenen CO₂-Fußabdrucks pro Person in den Bereichen Wohnen, Mobilität, Ernährung und Konsumgüter. 75 % der erzeugten Emissionen entstehen außerhalb der EU (EEA 2022).
- **Hoher Chemikalieneinsatz:** Die Branche verbraucht 5 % aller weltweit produzierten Chemikalien. In der Kleidungsproduktion kommen fast 1.900 verschiedene Chemikalien zum Einsatz, darunter werden 165 Stoffe in der EU als toxisch eingestuft (EEA 2022; Jungmichel et al. 2021).
- **Hoher Wasserverbrauch und Verschmutzung:** Die Textilindustrie ist für 1,1 % der weltweiten Wasserentnahme verantwortlich. Zudem verursacht sie 20 % der globalen Frischwasserverschmutzung, insbesondere durch Färbeprozesse (Jungmichel et al. 2021).
- **Intensive landwirtschaftliche Nutzung:** Der Baumwollanbau verbraucht 4 % der gesamten jährlich ausgebrachten Düngermenge, außerdem werden beim Anbau 6 % aller Schädlingsbekämpfungsmittel (Pestizide) und 16 % aller Insektbekämpfungsmittel (Insektizide) verbraucht (Claydon et al. 2017).

Herausforderungen beim Textilrecycling

Das Recycling von Textilien steht vor zahlreichen Herausforderungen, die sowohl technologische und wirtschaftliche als auch soziale Aspekte betreffen: Viele der Recyclingansätze zur Wiedergewinnung von Fasern haben einen hohen Energieverbrauch, sind noch nicht ausgereift und lassen sich bislang nicht für industrielle Maßstäbe skalieren. Zudem erreichen die recycelten Fasern oft nur eine mindere Qualität oder sie verlieren an Qualität mit jedem weiteren Recyclingzyklus (McKinsey & Company 2022). Ein Faser-zu-Faser-Recycling in hoher Qualität mit einer positiven Ökobilanz und wirtschaftlicher Tragfähigkeit ist derzeit nicht flächendeckend möglich. Besondere Herausforderungen ergeben sich bereits bei der Sammlung und Sortierung von Alttextilien. Hier fehlt es an geeigneten Infrastrukturen insbesondere auf globaler Ebene (U.S. GAO 2024). Eine sortenreine und automatisierte Sortierung ist oft nicht möglich, da Informationen zur Materialzusammensetzung fehlen (mangelnde Etikettierung, fehlende digitale Nachverfolgbarkeit). Zudem erschweren Materialeigenschaften das Faser-recycling. Typische Störfaktoren für die Wiederaufbereitung sind dabei nicht nur die Variabilität der Fasermischungen, sondern auch Multilayermaterialien, Beschichtungen und funktionale Additive, z. B. Membranen für Windschutz oder wasserabweisende Behandlung (bifa Umweltinstitut 2023). Grundsätzlich sind hohe Sortenreinheit und ein geringer Verschmutzungsgrad essenziell für ein qualitativ hochwertiges Recycling – sowohl für eine Secondhandverwertung als auch für die Wiedergewinnung von Fasern –, sie sind jedoch selten gegeben.

Beim Faser-zu-Faser-Recycling bestehen zusätzlich zu den technologischen Schwierigkeiten auch große ökonomische Hürden. Der Markt für Recyclingfasern ist noch relativ klein. So macht das Faser-zu-Faser-Recycling weniger als 1 % der weltweiten Faserproduktion aus (Charnley et al. 2024; Dahlbom/Martvall 2025; Textile Exchange 2024). Zwar lag der Anteil recycelter Fasern



an der globalen Textilproduktion 2021 bei 8,5 %, doch waren dies primär recycelte Polyestergarne aus PET-Getränkeflaschen (7,9 %), was keinen Beitrag zum Recycling von Alttextilien leistet (Löw et al. 2024). Ferner sind Recyclingfasern noch teurer als neue Materialien, wodurch sie für Hersteller wenig attraktiv sind (Dahlbom/Martvall 2025). Verbraucher/innen sind bislang nur bedingt bereit, höhere Preise für nachhaltige Kleidung zu zahlen. Trotz der noch bestehenden Hürden wird eine wachsende Dynamik im Markt erwartet. Prognosen zeigen, dass der Anteil des Faser-zu-Faser-Recyclings bis 2030 auf 18 bis 26 % der Textilabfälle steigen und sich so eine substanzelle Faserrecyclingindustrie in Europa entwickelt könnte (GIZ 2023; McKinsey & Company 2022).

Eine weitere Herausforderung für das Faserrecycling ergibt sich durch die zunehmende Verlagerung von Alttextilien in den Secondhandmarkt. Da immer mehr Kleidung über Plattformen wie Vinted, Sellpy oder Momox weiterverkauft wird, sinkt die Qualität der für das Recycling verfügbaren Alttextilien. Außerdem dürfte durch das EU-weite Verbot der Vernichtung unverkaufter Kleidung (Ökodesign-Verordnung) der Secondhandmarkt weiter wachsen (EK 2024; Wagner et al. 2022). Was für die Wiederverwendung von Textilien und ihre Ökobilanz grundsätzlich positiv ist, erschwert das Faser-zu-Faser-Recycling.

Beim Textilrecycling sind auch Herausforderungen in Bezug auf soziale und ethische Aspekte insbesondere in Ländern Afrikas zu nennen. Zwar verbleibt mit 48 % ein großer Teil der gebrauchten deutschen Altkleidung in Europa, 28 % aber gehen nach Afrika, der Rest nach Indien und Pakistan. Deutschland hat einen Anteil von 12 % an den globalen Alttextilexporten und ist damit weltweit drittgrößter Exporteur nach den USA und Großbritannien (Jungmichel et al. 2021).

Die Alttextilimporte werden in den betreffenden Ländern kontrovers diskutiert: Einerseits ermöglichen sie günstige Kleidung

für die heimische Bevölkerung, andererseits gefährden sie die lokale Textilindustrie. Zusätzlich werden viele unverwertbare Altkleider in den Empfängerländern unsachgemäß entsorgt, was zu Umweltschäden führen kann (Kaledzi 2022). Während die Textilproduktion oft mit schlechten Arbeitsbedingungen wie langen Arbeitszeiten, niedrigen Löhnen und gefährlichen Chemikalien verbunden ist (CIR 2019), findet das Textilrecycling – Secondhandverwertung und Faserwiedergewinnung – überwiegend in Industrieländern statt und unterliegt strengeren Umwelt- und Arbeitsschutzauflagen. Der Nutzen des Recyclings kommt dabei primär den Industrieländern zugute. Langfristig könnte sich insbesondere das Faserrecycling auch für Entwicklungs- und Produktionsländer positiv auswirken, indem neue Wertschöpfungsketten entstehen und der Ressourcenverbrauch sinkt (McKinsey & Company 2022).

EU-Regulierung

Die Regulierung des Textilsektors in der EU umfasst eine Vielzahl rechtlicher Rahmenbedingungen, die auf Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft abzielen. Die EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien bildet dabei den übergeordneten Rahmen mit dem Ziel verstärkter Herstellerverantwortung über den gesamten Lebenszyklus von Textilprodukten und einer nachhaltigen Bewirtschaftung von Textilabfällen (EK 2022). Die nachfolgend aufgeführten Verordnungen zielen auf spezifische Vorschriften oder Anreize für ein Textilrecycling.

- **Richtlinie 2008/98/EG³** (Abfallrichtlinie): Diese verpflichtet die Mitgliedstaaten, eigene Systeme der erweiterten Herstellerverantwortung (Extended Producer Responsibility – EPR) für Textil- und Schuhzeugnisse einzurichten. In Deutschland wird dies über das Kreislaufwirtschaftsgesetz⁴ geregelt. Während Länder wie Frankreich (seit 2008), die Niederlande (2023), Lettland (2024) und Ungarn (2023) bereits entsprechende Systeme eingeführt haben, steht die Umsetzung in Deutschland noch aus. Seit 1. Januar 2025 gilt in Deutschland für Verbraucher/innen die Getrenntsammlungspflicht für Alttextilien. Textilien sollen wiederverwendet und recycelt statt im Restmüll entsorgt, verbrannt oder deponiert werden. Öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger sind daher verpflichtet, Endverbraucher/innen die Möglichkeit zur getrennten Sammlung von Alttextilien anzubieten (Lizenzero 2025). Allerdings gibt es bislang keine Sanktionen für die unsachgemäße Entsorgung, sodass sich für Verbraucher/innen in der Praxis kaum Änderung ergeben dürften. Für Unternehmen besteht die Pflicht zur getrennten Sammlung schon seit 2008, sofern sie Textilien produzieren, importieren oder vertreiben.

³ Richtlinie 2008/98/EG vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien

⁴ Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012, zuletzt am 2. März 2023 geändert

- **Verordnung (EU) 2024/1781** (Ökodesign-Verordnung): Diese Regelung schreibt die Einführung eines digitalen Produktpasses vor, der detaillierte Informationen zur Materialzusammensetzung liefert. Ziel ist es, bis 2030 langlebigere und recyclingfähige Textilien zu produzieren und den Anteil an Recyclingfasern deutlich zu erhöhen.
- **Verordnung (EU) Nr. 1007/2011** (Textilkennzeichnungsverordnung): Diese Vorschrift regelt die Kennzeichnung der Faserzusammensetzung, um die Recyclingfähigkeit zu verbessern. Eine Revision wird Ende 2025 erwartet.

Neben diesen direkt auf das Textilrecycling gerichteten Vorgaben gibt es weitere Regelungen mit indirekter Wirkung. Diese adressieren primär die Information der Verbraucher/innen oder zielen auf eine Marktregulierung (WD 2022).

- **Verordnung (EU) Nr. 2024/1157⁵** (Abfallverbringungsverordnung): Diese reguliert die grenzüberschreitende Verbringung von Textilabfällen innerhalb der EU sowie deren Import und Export. Sie verbietet unter anderem die Ausfuhr gefährlicher Abfälle in Nicht-OECD-Länder. Textilien zählen in der Regel nicht zu den gefährlichen Abfällen, außer wenn sie mit giftigen Chemikalien, Farbstoffen oder speziellen synthetischen Fasern behandelt bzw. versetzt wurden.
- **Richtlinie (EU) 2024/1760⁶** (Sorgfaltspflichtenrichtlinie): Diese Richtlinie verpflichtet Unternehmen, umweltbezogene Risiken entlang ihrer Lieferkette zu identifizieren und Maßnahmen zu ergreifen. Sie hat zwar keinen direkten Fokus auf Textilrecycling, könnte aber langfristig Auswirkungen auf nachhaltigere Produktions- und Entsorgungspraktiken haben.
- **Richtlinie (EU) 2024/825⁷** hinsichtlich der Stärkung der Verbraucher und **Richtlinie für Umweltaussagen** (noch nicht in Kraft; EK 2023): Mit beiden Richtlinien soll Greenwashing in der Textilindustrie bekämpft werden. Unternehmen dürfen nur noch nachweislich belegte, umweltfreundliche Eigenschaften ihrer Produkte bewerben. Während die Richtlinie (EU) 2024/825 den Verbraucherschutz stärkt, soll ergänzend mit der Richtlinie für Umweltaussagen festgelegt werden, welche Kriterien für nachhaltige Werbeaussagen für Unternehmen gelten (ECOS 2024).

- **Verordnung (EU) 2020/852⁸** (Taxonomieverordnung): Diese Verordnung definiert Umweltziele für nachhaltige Investitionen und fordert eine Erhöhung der Recyclingquoten, was auch die Textilindustrie betrifft. Insbesondere wird der Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft gefördert.

Insgesamt zeigt sich, dass die EU eine umfassende regulatorische Grundlage geschaffen hat, um nachhaltiges Textilrecycling zu fördern. Die praktische Umsetzung bleibt jedoch eine Herausforderung besonders in Bezug auf die Recyclinginfrastrukturen, wirtschaftliche Anreize und das Verbraucherverhalten.

Siegel und Ökolabels

Neben den gesetzlichen Vorgaben gibt es im Textilbereich zusätzlich zahlreiche Siegel und Ökolabels, die Nachhaltigkeit, Umweltfreundlichkeit, Sozialstandards und Chemikalienfreiheit adressieren. Diese lassen sich in zwei Hauptkategorien unterscheiden:

- staatliche Siegel für nachhaltige Textilien, die auf etablierte Standards aufsetzen (z. B. Grüner Knopf des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung – BMZ) mit verbindlichen Sozial- und Umweltstandards, das EU Ecolabel mit Anforderungen an umweltfreundliche Produktion und Schadstofffreiheit);
- private Labels, die von Organisationen oder der Industrie selbst vergeben werden. Beispiele hierfür sind der Global Organic Textile Standard (GOTS) für Biotextilien mit einem Fokus auf Sozialstandards und insbesondere faire Arbeitsbedingungen oder Oeko-Tex, das auf Schadstofffreiheit fokussiert, jedoch ohne umfassende Anforderungen oder eine Nachweispflicht ökologischer oder sozialer Nachhaltigkeit entlang der Lieferkette.

Diese Siegel und Labels sollen Verbraucher/innen Orientierung für eine Kaufentscheidung bei nachhaltigen Textilprodukten geben. Allerdings sind die Labels nur schwer vergleichbar, da sie sich in Schwerpunkt, Zertifizierung, Kontrolle und Transparenz stark unterscheiden, sodass sich Verbraucher/innen intensiv informieren müssen, um die Siegel richtig einordnen zu können.

Staatliche Siegel wie der Grüne Knopf unterliegen klar definierten Regeln, private Siegel können entweder durch unabhängige Organisationen geprüft oder von der Industrie selbst vergeben werden. Die Kontrollmechanismen fallen dabei sehr unterschiedlich aus, viele beruhen auf Selbstverpflichtungen, deren Einhaltung nur schwer kontrolliert werden kann. Doch selbst regelmäßige

5 Verordnung (EU) 2024/1157 vom 11. April 2024 über die Verbringung von Abfällen, zur Änderung der Verordnungen (EU) Nr. 1257/2013 und (EU) 2020/1056 und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1013/2006

6 Richtlinie (EU) 2024/1760 vom 13. Juni 2024 über die Sorgfaltspflichten von Unternehmen im Hinblick auf Nachhaltigkeit und zur Änderung der Richtlinie (EU) 2019/1937 und der Verordnung (EU) 2023/2859

7 Richtlinie (EU) 2024/825 vom 28. Februar 2024 zur Änderung der Richtlinien 2005/29/EG und 2011/83/EU hinsichtlich der Stärkung der Verbraucher für den ökologischen Wandel durch besseren Schutz gegen unlautere Praktiken und durch bessere Informationen

8 Verordnung (EU) 2020/852 vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088

Kontrollen gestalten sich über die gesamte Lieferkette hinweg als komplex und stellen eine Herausforderung dar.

Um Verbraucher/innen eine bessere Einschätzung der Siegel und Labels zu ermöglichen, gibt es Onlinetools wie „Siegelklarheit“ des BMZ, die eine unabhängige Bewertung der Siegel bieten. Dennoch bleibt die Orientierung im „Labeldschungel“ schwierig und eine kritische Einschätzung der tatsächlichen Nachhaltigkeit von Textilien ist für Konsument/innen kaum realistisch.

Nicht technische Lösungsansätze beim Recycling

Neben technologischen Innovationen, wie der automatisierten Sortierung insbesondere für eine verbesserte Zuführung von Kleidung in die Wiederverwendung und dem Faser-zu-Faser-Recycling, gibt es verschiedene nicht technologische Ansätze zur Verbesserung des Recyclings und zur Förderung eines bewussteren Konsums von Textilien. Diese lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: Lösungsansätze auf der Produktionsseite und Ansätze, die auf das Verhalten von Verbraucher/innen abzielen.

Die Verantwortung von Herstellern und Produzenten wird maßgeblich durch gesetzliche Rahmenbedingungen geprägt. Über die seit 2025 geltende Pflicht zur getrennten Sammlung von Alttextilien hinaus gibt es weitere Strategien zur Förderung nachhaltigerer Produktions- und Geschäftsmodelle (Diebel et al. 2022; Huygens et al. 2023; Saif et al. 2024). Dazu gehören insbesondere:

- Design for Recycling, z. B. Verzicht auf schwer recycelbare Mischgewebe, Verwendung leicht trennbarer Materialkombinationen, einfache Entfernung funktionaler Bestandteile wie Knöpfe und Reißverschlüsse;
- verlängerte Produktlebensdauer, z. B. durch Verwendung hochwertiger Materialien, zeitloses Design statt Fast Fashion, Reparaturservices;

- neue Geschäftsmodelle in Richtung „Fashion as a Service“, z. B. Miet- und Leasingmodelle für Kleidung, Rücknahmesysteme für gebrauchte Kleidung mit Vergütung durch Gutscheine;
- Kreislaufwirtschaftsstrategien, z. B. Rückverfolgbarkeit durch digitalen Produktpass, Kooperationen mit Recyclingunternehmen;
- Verbraucherkommunikation, z. B. Labels und Zertifizierungen, Aufklärung zur Pflege und fachgerechten Entsorgung von Kleidung.

Auf der Seite der Verbraucher/innen bestehen die Ansätze für ein verbessertes Textilrecycling vor allem in Verhaltensänderungen und bewussteren Kaufentscheidungen. Verbraucher/innen können das Textilrecycling verbessern, indem sie Kleidung aus zweiter Hand kaufen und Kleidungsstücke leihen und tauschen, oder dadurch, dass sie Kleidung sorgfältig pflegen, länger tragen oder reparieren lassen und Altkleider richtig entsorgen. Auch bewusstere Kaufentscheidungen helfen, wenn Verbraucher/innen etwa auf Nachhaltigkeitssiegel achten, hochwertigere Kleidung wählen oder insgesamt weniger kaufen.

Mögliche vertiefte Bearbeitung des Themas

Angesichts der ökologischen und sozialen Herausforderungen der globalen Textilindustrie gewinnt das Thema Textilrecycling zunehmend an strategischer Bedeutung. Die Forschung dazu ist bereits weit fortgeschritten und es existiert eine breite wissenschaftliche Grundlage zur Ökobilanz von Textilien und zu bestehenden Recyclingverfahren. Dadurch ist bereits fundiertes Wissen insbesondere zur CO₂-Bilanz, zu Energie- und Wasserverbräuchen sowie zum Stand der Technik verschiedener Recyclingverfahren vorhanden. Überdies gibt die EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien mit verschiedenen Verordnungen, Systemen der erweiterten Herstellerverantwortung (EPR-Pflichten), der Getrenntsammelpflicht, den Ökodesign-Vorgaben und der Textilkennzeichnung einen regulatorischen Rahmen auf EU-Ebene vor. Darüber hinaus werden technologische Entwicklungen erforscht und entwickelt, wie KI-gestützte Sortierung oder das chemische und biologische Recyclingverfahren. Hier treiben Start-ups, größere Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen Innovationen weiter voran.

Textilrecycling ist somit ein facettenreiches Thema mit hoher gesellschaftlicher Relevanz, das sich für eine vertiefende Bearbeitung im Rahmen einer umfassenderen TA-Studie durch das TAB durchaus eignen würde.



Literatur

- Basu, A. (2025): Recycling of textile materials: Challenges and latest developments. In: TANTU Annual Journal 10, S. 10–18
- Beton, A. et al. (2014): Environmental Improvement Potential of textiles (IMPRO Textiles). Joint Research Centre, Luxemburg, <https://doi.org/10.2791/52624##>
- bifa Umweltinstitut (2023): Ökonomische Potenziale des Textilrecyclings und der Wasserstofferzeugung aus Textilabfällen in Bayern. (Autor/innen: Naji, F. et al.) bifa-Text 73, Augsburg
- BMZ (2023): Baumwolle: Auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit. Höhere Einkommen für Kleinbäuerinnen und -bauern. Mehr Transparenz in der Lieferkette. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH; Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Bonn
- Boucher, J.; Friot, D. (2017): Primary microplastics in the oceans. A global evaluation of sources. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en##>
- bvse (2020): Bedarf, Konsum und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. Textilstudie 2020. (Autor/innen: Forbrig, S. et al.) Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V., Bonn
- CBI (2025): What is the demand for apparel on the European market? Centre for the Promotion of Imports from developing countries, <https://www.cbi.eu/market-information/apparel/what-demand> (3.6.2025)
- Charnley, F. et al. (2024): Retaining product value in post-consumer textiles: How to scale a closed-loop system. In: Resources, Conservation and Recycling 205, Art. 107542, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107542##>
- CIR (2019): Dossier: Fast Fashion - Teil 1: Arbeitsbedingungen. Christliche Initiative Romero e. V., <https://www.ci-romero.de/produkt/dossier-fast-fashion-1-arbeitsbedingungen/> (3.6.2025)
- Claydon, S. et al. (2017): Is cotton conquering its chemical addiction? A Review of Pesticides use in Global Cotton Production. Pesticide Action Network UK, <https://www.pan-uk.org/cottons-chemical-addiction/> (3.6.2025)
- Dahlbom, M.; Martvall, A. (2025): Maturity of fibre-to-fibre recycling in Europe. Assessment of Recycling Companies in Europe. Swedish Environmental Research Institute, Stockholm
- Destatis (2025): 55 % mehr Bekleidungs- und Textilabfälle im Jahr 2023 als zehn Jahre zuvor. Pressemitteilung Nr. N004, https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2025/01/PD25_N004_51_32.html (3.6.2025)
- Diebel, J. et al. (2022): Kreislaufwirtschaft. Textile Kreisläufe schaffen, Zukunft gestalten. Forschungskuratorium Textil e. V., Berlin
- EC DG Environment (o. J.): EU strategy for sustainable and circular textiles. To create a greener, more competitive textiles sector. European Commission – Directorate-General for Environment, https://environment.ec.europa.eu/strategy/textiles-strategy_en (3.6.2025)
- ECOS (2024): EU takes aim at greenwashing in new law to empower consumers – but gaps remain. Environmental Coalition on Standards, <https://ecostandard.org/news-events/eu-takes-aim-at-greenwashing-in-new-law-to-empower-consumers-but-gaps-remain/> (2.6.2025)
- EEA (2022): Textiles and the environment: the role of design in Europe's circular economy. European Environment Agency, <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-and-the-environment-the> (2.6.2025)
- EK (2022): EU-Strategie für nachhaltige und kreislauffähige Textilien. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Europäische Kommission, COM(2022)141 final, Brüssel
- EK (2023): Vorschlag für eine Richtlinie über die Begründung ausdrücklicher Umweltaussagen und die diesbezügliche Kommunikation (Richtlinie über Umweltaussagen). Europäische Kommission, COM(2023)166 final, Brüssel
- EK (2024): Ökodesign-Verordnung: Neue Regeln für nachhaltige Produkte in Kraft. Europäische Kommission, https://germany.representation.ec.europa.eu/news/oko-design-verordnung-neue-regeln-fur-nachhaltige-produkte-kraft-2024-07-19_de (2.6.2025)
- EP DG for Parliamentary Research Services (2024): Digital product passport in the textile sector (Autor/innen: Legardeur, J.; Ospital, P.). European Parliament – Directorate-Ge-

- neral for Parliamentary Research Services, Brüssel, <https://doi.org/10.2861/947638##>
- Euratex (2024): Facts & Key Figures 2024 of the European Textile and Clothing Industry. Brüssel
 - Fashion United (o. J.): Global Fashion Industry Statistics. <https://fashionunited.com/statistics/global-fashion-industry-statistics> (2.6.2025)
 - bvse (2020): Bedarf, Konsum und Wiederverwendung von Bekleidung und Textilien in Deutschland. Textilstudie 2020. Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V., Bonn
 - Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie e. V. (2024): Mit jeder Faser intelligent 2024. Die deutsche Textil- und Modeindustrie in Zahlen. Berlin
 - GFA (2018): Pulse of the Fashion Industry 2018. Global Fashion Agenda. Global Fashion Agenda, <https://global-fashionagenda.org/resource/pulse-of-the-fashion-industry-2018/> (2.6.2025)
 - GIZ (2023): Business Case 3: Mechanical Recycling for Fibre-to-Fibre Yarn Production. Introducing Circularity as a Business Opportunity to Jordan's RMG Sector (Autor/innen: Tuncer, B. et al.). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH, Bonn
 - Gözet, B.; Wilts, H. (2022): Die Kreislaufwirtschaft als neues Narrativ für die Textilindustrie. Eine Analyse der textilen Wertschöpfungskette mit Blick auf Deutschlands Chancen einer kreislaufwirtschaftlichen Transformation. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Zukunfts impuls 23, Wuppertal
 - Gudowsky-Blatakes, N. (2024): Textilrecycling. Foresight und Technikfolgenabschätzung: Monitoring von Zukunftsthemen für das Österreichische Parlament. ITA Projektbericht, Wien
 - Hakens, J.; Nguyen, M. (o. J.): Fernwärme – Definition, Kosten, Förderung. co2online, <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/fernwaerme/> (2.6.2025)
 - HN NRW (2021): Mikroplastik in der Wäsche. Projekt gegen textilbasiertes Mikroplastik legt Ergebnisse vor. Hochschulnetzwerk NRW, <https://www.hn-nrw.de/mikroplastik-in-der-waesche/#:~:text=Zwar%20w%C3%BCrden%20bis%20zu%2095%20Prozent%20der%20Kleinste%20partikel,Dr.-Ing.%20>
 - Maike%20Rabe%2C%20eine%20der%20Leiterinnen%20des%20Projekts (3.6.2025)
 - Huygens, D. et al. (2023): Techno-scientific assessment of the management options for used and waste textiles in the European Union. Joint Research Centre, Luxemburg, <https://doi.org/10.2760/6292##>
 - Jungmichel, N. et al. (2021): KLEIDER mit HAKEN. Fallstudie zur globalen Umweltinanspruchnahme durch die Herstellung unserer Kleidung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
 - Kaledzi, I. (2022): Used clothes choke Ghana's markets, ecosystem. Deutsche Welle, <https://www.dw.com/en/used-clothes-choke-both-markets-and-environment-in-ghana/a-60340513> (2.6.2025)
 - Lizenzero (2025): EPR für Textilien: Was Unternehmen in der EU jetzt wissen müssen. <https://www.lizenzero.de/blog/epr-fuer-textilien-was-unternehmen-in-der-eu-jetzt-wissen-muessen/> (2.6.2025)
 - Löw, C. et al. (2024): Textilrecycling – Status Quo und aktuelle Entwicklungen. Öko-Institut e. V., Freiburg
 - McKinsey & Company (2022): Scaling textile recycling in Europe—turning waste into value. <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/scaling-textile-recycling-in-europe-turning-waste-into-value> (2.6.2025)
 - Petrie, L. (2023): Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain. A Global Roadmap. United Nations Environment Programme, Paris
 - Piera Centobelli et al. (2022): Slowing the fast fashion industry: An all-round perspective. In: Science Direct 38, Art. 100684, <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100684##>
 - Saif, M. et al. (2024): Navigating the Legislative Interventions, Challenges, and Opportunities in Revolutionizing Textile Upcycling/Recycling Processes for a Circular Economy. In: ACS Sustainable Resource Management 1(11), S. 2338–2349, <https://doi.org/10.1021/acssusresmgt.4c00242##>
 - Statista (2024): Fast Fashion: Filialisten weltweit und in Deutschland. <https://de.statista.com/themen/4917/fast-fashion-filialisten/#topicOverview> (2.6.2025)
 - Statista (2025): Volume of the apparel market worldwide from 2019 to 2029 (in millions). <https://www.statista.com/>

- forecasts/1307850/worldwide-consumption-of-clothing-items (2.6.2025)
- TAB (2024a): Strategien und Instrumente zur Verbesserung des Rezyklateinsatzes. (Autor/innen: Kehl, C.; Riousset, P.) Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, TAB-Fokus 44, Berlin, <https://doi.org/10.5445/IR/1000169029##>
 - TAB (2024b): Strategien und Instrumente zur Verbesserung des Rezyklateinsatzes. Mit Fallstudien zu Kunststoffverpackungen, Elektrogeräten sowie Baustoffen. (Autor/innen: Kehl, C.; Riousset, P.) Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht 207, Berlin, <https://doi.org/10.5445/IR/1000168838##>
 - Textile Exchange (2024): Materials Market Report 2024. <https://2d73cea0.delivery.rocketcdn.me/app/uploads/2024/09/Materials-Market-Report-2024.pdf> (2.6.2025)
 - U.S. GAO (2024): Science & Tech Spotlight: Textile Recycling Technologies. U.S. Government Accountability Office, <https://www.gao.gov/products/gao-24-107486> (2.6.2025)
 - UBA (2023): Erarbeitung möglicher Modelle der erweiterten Herstellerverantwortung für Textilien. Produktverantwortungsmodelle für Textilien (ProTex). (Autor/innen: Büemann, A. et al.) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
 - van Duijne, H. et al. (2022): Sorting for Circularity Europe. An Evaluation and Commercial Assessment of Textile Waste Across Europe. Fashion for Good, o.O.
 - Wagner, J. et al. (2022): Evaluation der Erfassung und Verwertung ausgewählter Abfallströme zur Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft. Umweltbundesamt, Texte 31/2022, Dessau-Roßlau
 - WD (2022): „Nachhaltigkeit“ und „Greenwashing“ in der Modeindustrie. Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, WD 5 - 3000 - 144/22, Berlin

Herausgeber

Büro für Technikfolgen-Abschätzung
beim Deutschen Bundestag (TAB)

Bildnachweise

pamirc/iStock (S. 1); andresr/iStock (S. 2);
Firn/iStock (S. 8); Kostikova/iStock (S. 10)

ISSN: 2629-2874

DOI: 10.5445/IR/ 1000183039

Horizon SCANNING

Das Horizon-Scanning ist Teil der Foresight-Aktivitäten des TAB und wird vom Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH durchgeführt.
www.tab-beim-bundestag.de/horizon-scanning