

Kreislaufwirtschaft als strategischer Katalysator

Potentiale der K LW in den Schlüsseltechnologien der Industriestrategie 2035

Briefing – Task Force Circular Economy – Mai 2026	2
Überblick:	2
1 Ausgangslage und strategischer Kontext	3
2 Beitrag der Kreislaufwirtschaft zu den Industriestrategiezielen	4
2.1 Rohstoffresilienz und strategische Autonomie	4
2.2 Kreislaufwirtschaft als Wettbewerbsvorteil in Schlüsselsektoren	4
2.3 Dekarbonisierung der Industrie.....	5
3 Strategischer Rahmen: Nationale Strategien im Zusammenspiel.....	6
3.1 Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (KWSAT, 2022)	6
3.2 Österreichische Bioökonomiestrategie (2019, Aktionsplan 2022).....	7
3.3 Regierungsprogramm 2025–2029: Relevante Maßnahmen	7
4 EU-Rahmen	9
5 Synergiepotenziale und Handlungsempfehlungen	10
5.1 Strategische Kohärenz herstellen	10
5.2 Sekundärrohstoff-Hub „Made in Austria“	10
5.3 Digitale Infrastruktur als Enabler	10
5.4 Bioökonomie und Life Sciences als Doppelstrategie	11
5.5 Verbindliche Verpflichtungen stärken.....	11
6 Sektorvertiefung	12
7 Übergreifende Schlussfolgerungen und Handlungsmatrix	25
7.1 Fazit.....	26
8 Quellen und Referenzen (Auswahl).....	27
Erstellt von.....	28

Briefing – Task Force Circular Economy – Mai 2026

Überblick:

Die neun Schlüsseltechnologien bilden ein Portfolio aus klassischen Hochtechnologiesektoren, wissensintensiven Querschnittstechnologien und medium-high-tech Industriefeldern, die für Österreichs industrielle Transformation strategisch entscheidend sind.

Warum die Kreislaufwirtschaft für die neun Schlüsseltechnologien entscheidend ist, lässt sich auf drei Achsen zusammenfassen:

- 1. Rohstoffresilienz** — Die EU ist bei der Herstellung von Technologien für erneuerbare Energie, Digitalisierung, Mobilität, Luft- und Raumfahrt sowie Verteidigung auf importierte Rohstoffe angewiesen; eine Kreislaufwirtschaft kann diese kritische Abhängigkeit durch lokales Recycling und Remanufacturing mildern. Für Österreich besonders relevant: Rund 68 % der Rohstoffe zur Herstellung von Smartphones, Tablets und Laptops gelten als kritisch — bei Chips und Elektronik, einem der neun Schlüsselfelder, ist die Hebelwirkung des Recyclings also enorm.
- 2. Strategische Kohärenz ist vorhanden, aber unvollständig** — Die Weiterentwicklung einer Kreislaufwirtschaft ist für Österreich nicht nur eine Herausforderung, sondern eine große Chance; der FTI-Monitor 2025 bescheinigt Österreich deutliche Wettbewerbsvorteile in diesem Zukunftsfeld. Gleichzeitig mahnt derselbe Kommentar, dass verbindliche Transparenzanforderungen, klare rechtliche Verpflichtungen und öffentlich zugängliche Daten noch fehlen.
- 3. Das Regierungsprogramm liefert die regulatorischen Hebel** — Das Regierungsprogramm 2025 will durch den Abbau struktureller Benachteiligungen von Sekundärrohstoffen ein erweitertes Marktumfeld schaffen und erhält dazu Rückenwind durch den für Ende 2026 geplanten EU Circular Economy Act. Der Einsatz digitaler Technologien für die Kreislaufwirtschaft, darunter digitale Produktpässe und digitale Rohstoffbörsen, stellt den Nährboden für Innovationen im Rahmen der Digitalisierung.

1 Ausgangslage und strategischer Kontext

Die im Jänner 2026 präsentierte **Industriestrategie Österreich 2035** markiert einen Wendepunkt in der heimischen Industriepolitik. Die Strategie umfasst sechs übergeordnete Ziele, darunter explizit die „**Förderung nachhaltiger und zirkulärer Produktionsweisen**“ – ein klares Bekenntnis zur Kreislaufwirtschaft als industriepolitischem Kernprinzip.

Erstmals definiert die Bundesregierung **neun Schlüsseltechnologien und Stärkefelder**, für die ein Förderbudget von **2,6 Milliarden Euro im FTI-Pakt bis 2029** bereitgestellt wird:

1. Künstliche Intelligenz und Dateninnovation
2. Chips, Elektronische Komponenten und Systeme,
3. Fortgeschrittene Produktionstechnologien und Robotik,
4. Quantentechnologie und Photonik,
5. Fortgeschrittene Werkstoffe (Advanced Materials),
6. Life-Sciences & Biotech,
7. Energie- und Umwelttechnologien,
8. Mobilitätstechnologien,
9. Weltraum- und Luftfahrttechnologien

Erklärtes Ziel ist es, Österreich bis 2035 unter die **Top-10 der OECD-Länder** beim Industrial Production Index zu bringen und den Industrieanteil an der Wirtschaftsleistung von derzeit 16,9 auf über 20 Prozent zu steigern.

2 Beitrag der Kreislaufwirtschaft zu den Industriestrategiezielen

2.1 Rohstoffresilienz und strategische Autonomie

Das zentrale strukturelle Problem für Hochtechnologiesektoren – insbesondere Chips/Elektronik, KI-Hardware, Mobilitäts- und Energietechnologien – ist die **Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen (Critical Raw Materials, CRM)**. Die EU importiert nahezu alle strategischen Materialien wie Lithium, Kobalt, Seltene Erden und Gallium, überwiegend aus China.

Wissenschaftlich ist dieser Zusammenhang gut belegt: Baldassarre (2025, Ecological Economics) zeigt, dass eine Kreislaufwirtschaft diese kritische Abhängigkeit durch lokales Recycling und Remanufacturing signifikant mildern kann – setzt aber neue Lieferkettenkonfigurationen voraus. Eine weitere Studie (Baldassarre & Carrara, Resources, Conservation and Recycling, April 2025) analysiert, wie EU-Politikinstrumente – insbesondere der Critical Raw Materials Act (CRMA), die EU-Batterienverordnung und die Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) mit digitalen Produktpässen – Sekundärversorgungsmärkte für batterie-relevante Metalle (Lithium, Kobalt, Nickel, Kupfer, Seltene Erden) formen.

Für Österreich ergibt sich daraus eine direkte Anknüpfung: **Österreich ist eines der führenden Länder beim Recycling in der EU** (516 kg pro Kopf, Recyclingrate 62 %), was eine starke Ausgangsbasis für den Aufbau von Sekundärrohstoffmärkten darstellt.

Für den Bereich **Elektronik und Chips** gilt: Laut einer ScienceDirect-Studie (2024) sind rund 68 % der Rohstoffe zur Herstellung von Smartphones, Tablets und Laptops als kritisch eingestuft. Verbesserte Sammlungs- und Recyclingtechnologien für Elektro- und Elektronikgeräte (WEEE) könnten die CRM-Lieferkette für Hochtechnologieanwendungen wesentlich stärken. (Urban Mining)

2.2 Kreislaufwirtschaft als Wettbewerbsvorteil in Schlüsselsektoren

Der FTI-Monitor 2025 bescheinigt Österreich deutliche Wettbewerbsvorteile im Bereich **Kreislaufwirtschaftstechnologien** – eine Ressource, die industriestrategisch konsequenter genutzt werden sollte. Die Industriestrategie selbst hebt hervor, dass jahrzehntelange Erfahrung in Umwelt- und Kreislaufwirtschaftstechnologien günstige Voraussetzungen bietet.

Tabelle 1: Konkrete Schnittstellen mit den neun Schlüsseltechnologien

Schlüsseltechnologie*	Beitrag der Kreislaufwirtschaft
Chips & Elektronik	Rückgewinnung seltener Metalle aus WEEE; Design for Disassembly
KI & Dateninnovation	Digitale Produktpässe, KI-optimierte Recyclingprozesse, Material-Tracking
Fortgeschrittene Produktionstechnologien	Additive Fertigung mit Sekundärmaterialien; Zero-Waste-Produktion
Energie- & Umwelttechnologien	Batteri recycling, Windturbinenrecycling, Kreislaufsysteme für PV-Module
Mobilitätstechnologien	Leichtbau-Recycling, Batterie-Secondlife, Fahrzeug-Remanufacturing
Weltraum- & Luftfahrt	Hochwertige Materialrückgewinnung (Ti, Al, C-Faserverbund)
Life Sciences	Biopolymere, biobasierte Medizintechnikmaterialien, Kreislauf-Pharmaverpackung

* Vertiefung siehe Kap.6

2.3 Dekarbonisierung der Industrie

Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie (2022) betont, dass **45 % der notwendigen THG-Reduktionen nur durch Veränderungen in der Herstellung von Grundstoffen und Sachgütern erreichbar sind**. Zirkuläre Produktionsprozesse – Materialsubstitution, verlängerte Produktlebenszyklen, Remanufacturing – sind damit ein unverzichtbarer Hebel zur Erreichung des Ziels der Klimaneutralität 2040.

3 Strategischer Rahmen: Nationale Strategien im Zusammenspiel

3.1 Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (KWSAT, 2022)

Die am **7. Dezember 2022** vom Ministerrat beschlossene Kreislaufwirtschaftsstrategie definiert als **Vision**: Umgestaltung der österreichischen Wirtschaft und Gesellschaft in eine klimaneutrale, nachhaltige Kreislaufwirtschaft bis **2050**. Sie formuliert sechs zentrale Interventionsbereiche:

1. Rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen
2. Kluge Marktanreize
3. Finanzierung und Förderung
4. Forschung, Technologieentwicklung und Innovation (FTI)
5. Digitalisierung und Information
6. Wissen und Zusammenarbeit

Die sieben **Transformationsschwerpunkte** (angelehnt an den EU-Aktionsplan Circular Economy) umfassen u.a. Elektronik, Mobilität, Bau, Textilien und Kunststoffe – allesamt direkt relevant für die Hochtechnologieschlüsselsektoren der Industriestrategie.

Der **erste Fortschrittsbericht (Juni 2024)** dokumentiert erste Erfolge: Pfandsystem, Reparaturbonus (über 1 Million eingelöste Bons), FFG-Forschungsförderung (68,2 Mio. € für 2022–2023 im Bereich KW) sowie die Einrichtung **nach §8 BMG der ministerienübergreifenden Task Force** (Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung, Zivilgesellschaft) zur gemeinsamen Umsetzung von Kreislaufwirtschaftsstrategie und Bioökonomiestrategie. Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Papiers, befindet sich der zweite Fortschrittsbericht in der politischen Abstimmung.

Handlungsbedarf: Der Fortschrittsbericht zeigt, dass **verbindliche Transparenzanforderungen und klare Rechtsverpflichtungen für Unternehmen** noch ausstehen. Dies ist ein **kritischer Lückenschluss für die Industriestrategie-Umsetzung**.

3.2 Österreichische Bioökonomiestrategie (2019, Aktionsplan 2022)

Die Bioökonomiestrategie – beschlossen 2019, Aktionsplan mit 112 Maßnahmen in 11 Themenbereichen 2022 fertiggestellt – ist ein **komplementäres Rahmenwerk** zur Kreislaufwirtschaftsstrategie. Bioökonomie wird explizit als **eine der Schlüsseltechnologien zur Defossilisierung des Wirtschaftssystems** bezeichnet.

Schlüsselverbindungen zur Industriestrategie:

- **Substitution fossiler Rohstoffe** durch biobasierte Materialien in der Chemie-, Papier-, Textil- und Kunststoffbranche
- **Bioraffinerien und biobasierte Industrie-Cluster** als neue Wertschöpfungsanker (derzeit ca. 52 Mrd. € Umsatz, 350.000 Beschäftigte)
- **Industrielle Biotechnologie** als Enabler für Life Sciences und Spezialchemie
- **Nutzung biogener Abfälle und Reststoffe** als Rohstoffbasis – Verknüpfung mit dem Kreislaufprinzip
- **FTI-Kompetenzaufbau** in neun definierten Themenfeldern, die sich mit den Industriestrategie-Schlüsseltechnologien überlappen (u.a. neue Biomaterialien, Fermentation, enzymatische Prozesse)

Das 2022 gestartete nationale Bioökonomie-Netzwerk „**Bioeconomy Austria**“ bündelt regionale Cluster und Forschungseinrichtungen – ein Modell für die Umsetzungsarchitektur der Industriestrategie.

3.3 Regierungsprogramm 2025–2029: Relevante Maßnahmen

Das Regierungsprogramm der Koalition enthält eine Reihe von Maßnahmen mit direkter Relevanz für die Kreislaufwirtschaft im industriellen Kontext:

Regulatorisch:

- Evaluierung und Anpassung des **Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG)** zur Stärkung der Marktstellung von Sekundärrohstoffen
- Reform von Normen und Vorschriften zur Förderung **zirkulärer Geschäftsmodelle** (u.a. Sharing Economy, Abfallende-Regelungen)
- Neue **EPR-Systeme** (Extended Producer Responsibility) für Textilien; Evaluierung von Anreizen für Altakkus/Altbatterien
- Einsatz für klare, praktikable EU-Regelungen für Nebenprodukte und Sekundärrohstoffe

Digital & Innovation:

- Einführung **digitaler Produktpässe** und Rohstoffbörsen als Infrastruktur für die Kreislaufwirtschaft
- Neue Ausschreibungen für **Forschungs- und Demonstrationsprojekte** in Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien
- **Kreislaufwirtschaft als „Nährboden für Innovationen im Rahmen der Digitalisierung“**

Rohstoffresilienz:

- Stärkung der **heimischen Resilienz** durch mehr Unabhängigkeit bei strategisch wichtigen Primär- und Sekundärrohstoffen
- Sicherstellung der **Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe** für die Bioökonomie zur Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit

Sektorspezifisch:

- Aufhebung des CO₂-Speicher-Verbots (CCS/CCU) – ermöglicht **industrielle Kohlenstoffnutzung und -kreisläufe**
- **Erneuerbares-Gas-Gesetz** – Rahmen für Biomethan und Wasserstoff als zirkuläre Energieträger

4 EU-Rahmen

Österreichs nationale Strategien sind eingebettet in geltendes EU-Regelwerk:

- **Critical Raw Materials Act (CRMA, 2024):** Verpflichtende Recyclingziele für strategische Rohstoffe; Österreich hat als Recycling-Europameister eine strukturelle Chance, zum europäischen Sekundärrohstoff-Hub zu werden.
- **EU-Batterienverordnung (2023):** Verbindliche Mindestanteile an Recyclinginhalten für Lithium, Kobalt, Nickel; direkte Relevanz für Mobilitäts- und Energietechnologieschlüsselsektoren.
- **Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) mit Digitalen Produktpässen:** Schafft Traceability und Marktanreize für Sekundärmaterialien in der Hochtechnologieproduktion.
- **Net-Zero Industry Act (NZIA):** Fördert Clean-Tech-Fertigung und verlangt sichere CRM-Versorgung – unmittelbar komplementär zur österreichischen Industriestrategie.
- **EU-Aktionsplan Kreislaufwirtschaft (2020):** Blaupause für Sektorschwerpunkte, auf denen die österreichische KW-Strategie aufbaut.
- **EU Bioökonomie Strategie (2025):** Fördert die nachhaltige Nutzung nachwachsender Rohstoffe im Sinne der Resilienz Europas.
- **EU Biotech Act:** Der erste Gesetzesentwurf liegt vor und soll voraussichtlich im Jahr 2027 verabschiedet werden. Der Fokus liegt auf der Beschleunigung der Entwicklung, Skalierung und industriellen Anwendung von Biotechnologien.
- **EU Circular Economy Act (geplant für Ende 2026):** Stärkt Kreislaufwirtschaft und Ressourcensicherheit durch den Aufbau eines Binnenmarkts für Sekundärrohstoffe und die Förderung zirkulärer Wertschöpfungsketten.

Der wissenschaftliche Konsens (Galen et al., ChemSusChem, 2025; Baldassarre & Carrara, 2025) unterstreicht: Staatliche Anreize für Recyclingaktivitäten, verbindliche Recyclingquoten und Mindestanteile für Sekundärmaterialien in der Fertigung sind die effektivsten Instrumente zur Förderung einer zirkulären Wirtschaft im Hochtechnologiebereich.

5 Synergiepotenziale und Handlungsempfehlungen

5.1 Strategische Kohärenz herstellen

Die Industriestrategie 2035, die Kreislaufwirtschaftsstrategie, die Bioökonomiestrategie und das Regierungsprogramm 2025–2029 sind inhaltlich hochgradig kompatibel, aber **institutionell noch unzureichend verzahnt**. Der österreichische Produktivitätsrat (Kurzanalyse 01/2026) mahnt eine adaptive Steuerungsarchitektur ein, die Maßnahmen hinsichtlich Effektivität und Zielbeitrag kontinuierlich überprüft.

Empfehlung: Die ministerienübergreifende **Task Force Circular Economy** (BMWET & BMLUK sowie BMIMI, BMS, BMFWF, BMB) sollte strukturell mit der neuen **Task Force Industrie** (Industriestrategie) verknüpft werden, um eine echte Querschnittskoordination zu gewährleisten.

5.2 Sekundärrohstoff-Hub „Made in Austria“

Österreichs Spitzenposition im europäischen Recycling (516 kg/Kopf, Recyclingrate 62 %) ist ein unterschätzter Standortvorteil. Durch den Aufbau **lokaler Recycling- und Aufbereitungscluster** für Hochtechnologiematerialien (v.a. Batterierecycling, WEEE, CFK-Verbundwerkstoffe) kann Österreich Lieferketten für die eigene Schlüsseltechnologieproduktion schließen und gleichzeitig ein Exportprodukt schaffen.

Empfehlung: Gezielte Förderung von Pilotanlagen für Hochwert-Recycling in den Schlüsseltechnologiebereichen im Rahmen des FTI-Pakts 2027–2029; Nutzung der „Regulatory Sandboxes“ der Industriestrategie für zirkuläre Geschäftsmodelle.

5.3 Digitale Infrastruktur als Enabler

Digitale Produktpässe (im Regierungsprogramm und ESPR verankert) und **KI-gestützte Materialflussanalysen** sind der Schlüssel zur Verbindung von **KI/Dateninnovation** mit Kreislaufwirtschaft. Österreich hat hier die Chance, **zwei Schlüsseltechnologien synergetisch zu entwickeln**.

Empfehlung: Aufbau einer nationalen Digitalen Rohstoffbörse (im Regierungsprogramm vorgesehen) als Pilotprojekt; Integration in die FFG-Programmportfolios.

5.4 Bioökonomie und Life Sciences als Doppelstrategie

Die Schnittstelle zwischen Bioökonomiestrategie und Life-Sciences-Schlüsseltechnologie ist noch wenig erschlossen. Biobasierte Materialien, Enzyme und Biopolymere für die Medizintechnik sowie biobasierte Spezialchemikalien bieten ein erhebliches Exportpotenzial.

Empfehlung: Verschränkung von Bioeconomy Austria mit Life-Sciences-FTI-Förderungen; Nutzung des BOKU-Bioökonomie zentrums als wissenschaftlicher Knotenpunkt.

5.5 Verbindliche Verpflichtungen stärken

Der FTI-Monitor und unabhängige Analysen (A&W Blog, 2026) mahnen, dass die Kreislaufwirtschaftsmaßnahmen der Industriestrategie **verbindliche Transparenzanforderungen und klare rechtliche Verpflichtungen** benötigen, um über Absichtserklärungen hinauszugehen.

Empfehlung: verbindliche Sekundärrohstoff-Mindestquoten in der öffentlichen Beschaffung einführen; dies stärkt auch das Leitmotiv „Made in Europe & Partner Countries“ der Industriestrategie.

6 Sektorvertiefung

Methodik: Für jeden der acht Schlüsseltechnologie- und Stärkefelder der Industriestrategie 2035 wurde (1) die sektorspezifische Rohstoff- und Abhängigkeitsproblematik, (2) den Stand der Kreislaufwirtschaft in Forschung und Praxis, (3) die Anknüpfungspunkte an die nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie (KWSAT 2022), die Bioökonomiestrategie und das Regierungsprogramm 2025–2029 analysiert sowie (4) sektorspezifische Handlungsempfehlungen für Österreich erstellt.

Sektor 1: Elektronische Komponenten und Systeme (Chips & Halbleiter)

Rohstoffabhängigkeit und zirkuläre Problemlage

Der Halbleitersektor ist einer der rohstoffintensivsten Hochtechnologiebereiche überhaupt. Für die Herstellung von Chips werden über 60 verschiedene Elemente des Periodensystems genutzt – darunter Gallium, Germanium, Indium, Tantal, Hafnium und Seltene Erden für Phosphore und Magnete. Die geopolitische Konzentration ist extrem: Mehr als 80 % des globalen Angebots an Seltenen Erden sowie entscheidende Verarbeitungskapazitäten liegen in wenigen Ländern, überwiegend China. Das SEMI/imec-Konsortium hat 2025 erstmals eine Inventur von 69 priorisierten Materialien für die Kreislaufwirtschaft in der Halbleiterfertigung vorgelegt und das Circular Semiconductors Research Network lanciert – ein direktes Signal für die wachsende strategische Bedeutung des Themas.

Wissenschaftlich ist belegt (Springer Nature, Journal of Material Cycles and Waste Management, 2025), dass die steigende Nachfrage nach Seltenen Erden (REE) in Halbleiter- und Chiptechnologien zu steigenden Produktionskosten und erheblichen Umweltbelastungen führt. Hydrometallurgische Recyclingverfahren gelten als bevorzugte Lösung wegen ihrer geringeren Umweltauswirkungen. Ebenso erhöht der Circular Economy Journal-Beitrag (2025) über „Circularity of Semiconductor Chip Value Chains“ die Sichtbarkeit des Themas im geopolitischen Kontext.

Zirkuläre Lösungsansätze:

- **WEEE-Recycling als Primärquelle:** Rund 68 % der Rohstoffe für Smartphones, Tablets und Laptops sind als kritisch eingestuft. Die Rückgewinnung aus Elektro- und Elektronikaltgeräten ist der wichtigste Hebel. Die EU-Kommission evaluiert derzeit die WEEE-Richtlinie für eine Überarbeitung im Rahmen des angekündigten Circular Economy Act.
- **Design for Disassembly:** Durch die EU-Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR, in Kraft seit Juli 2024) werden Anforderungen an Reparierbarkeit,

Demontierbarkeit und Rezyklierbarkeit elektronischer Produkte für alle Produktgruppen sukzessive eingeführt.

- **Digitale Produktpässe:** Im Regierungsprogramm 2025–2029 explizit vorgesehen; ermöglichen Materialtracking über den gesamten Lebenszyklus und sind Grundvoraussetzung für industrielles Sekundärrohstoffmanagement.
- **Germanium-Kreislauf:** Germanium, ein zentrales Halbleitermaterial, wird bereits zu 20 % seiner globalen Produktion aus recyceltem optischem Glas gewonnen – ein Beleg für die technische Machbarkeit hochwertiger Kreisläufe.

Österreich-spezifische Anknüpfungspunkte:

Die Industriestrategie plant eine „Markterkundung für das Important Project of Common European Interest (IPCEI) für fortschrittliche Halbleitertechnologien“ – hier sollte Kreislaufwirtschaft explizit als Dimension verankert werden. Die FFG-Neuausrichtung im FTI-Pakt 2027–2029 bietet die Chance, Recyclingforschung für elektronische Materialien als eigenes Fördermodul zu verankern. Österreichs Stärke im Präzisionsmaschinenbau (relevant für Fertigungsanlagen der Chipindustrie) ist ein **Standortvorteil für die Entwicklung automatisierter Demontage- und Sortiertechnologien.**

Empfehlung: Aufbau eines österreichischen Knotens im SEMI/imec Circular Semiconductors Research Network; Verknüpfung mit dem IPCEI-Prozess und der Task Force.Circular Economy.

Quellenverweise:

- SEMI & imec (2025): Circular Semiconductors Research Network – Inventory of 69 Materials. SEMI, San Jose. <https://discover.semi.org/rs/320-QBB-055/images/Material-Circularity-Report.pdf>
- Springer Nature, Journal of Material Cycles and Waste Management (Juni 2025): Rare earth element recycling: a review on sustainable solutions and impacts on semiconductor and chip industries. <https://doi.org/10.1007/s10163-025-02276-7>
- Schröder, P. charter, M., Barrie, J., Journal of Circular Economy (April 2025): Circularity of Semiconductor Chip Value Chains: Advancing AI Sustainability Amid Geopolitical Tensions. <https://circulareconomyjournal.org/ojs/JoCE/article/view/136>

Sektor 2: Künstliche Intelligenz und Dateninnovation

Die KI-Infrastrukturproblematik: Ressourcenintensität als systemisches Risiko

KI ist selbst ein Treiber von Ressourcenverbrauch, aber zugleich das mächtigste Werkzeug der Kreislaufwirtschaft. Diese Doppelrolle ist strategisch entscheidend.

Ressourcenverbrauch von KI-Infrastruktur: Der globale Stromverbrauch von Rechenzentren lag 2024 bei rund 415 TWh und könnte laut Projektionen bis 2030 auf ca. 945 TWh anwachsen – etwa 3 % des globalen Stromverbrauchs (Environmental Science & Engineering, Harvard/Boston University, 2025). KI-Hardware (GPUs, TPUs) enthält bedeutende Mengen an Gallium, Indium, Kobalt und Seltenen Erden. Die Produktion der KI-Hardware ist der größte Einzelposten im Lifecycle-CO₂-Fußabdruck.

Kreislaufwirtschaft durch KI: Gleichzeitig ist KI der wirksamste Hebel zur Optimierung von Recyclingprozessen, Materialflüssen und Produktdesign. Ein 2025 veröffentlichtes Framework (Ranpara, Marwadi University, arXiv 2025) zeigt für KI-gestützte Kreislaufwirtschaftssysteme eine Reduktion des Energieverbrauchs um 25 %, eine Verbesserung der Ressourcenrückgewinnung um 18 % und eine Verbesserung der Sortiergenauigkeit bei Siedlungsabfällen um 20 % gegenüber herkömmlichen Methoden.

Tabelle 2: Konkrete KI-Anwendungsfelder in der Kreislaufwirtschaft

KI-Anwendung	Kreislaufwirtschaftlicher Nutzen
Predictive Maintenance	Verlängerung der Lebensdauer industrieller Anlagen; weniger Abfall durch ungeplante Ausfälle
Automatisierte Sortierung (Computer Vision)	Erhöhung der Reinheitsgrade von Recyclingfraktionen; wirtschaftliche Aufbereitung von Mischfraktionen
Materialpassverwaltung	Digitale Produktpässe; Rückverfolgung von Materialien über den gesamten Lebenszyklus
Optimierung von Reverse Logistics	KI-gesteuerte Rückführungslogistik für Altprodukte, Batterien, WEEE
Simulationsmodelle für Produkt- und Materialdesign	Design for Circularity bereits in der Entwicklungsphase
Digitale Rohstoffbörsen	Matching von Angebot und Nachfrage nach Sekundärrohstoffen (im Regierungsprogramm 2025–2029 vorgesehen)

Österreich-spezifische Anknüpfungspunkte:

Das Regierungsprogramm 2025–2029 sieht explizit den „Einsatz digitaler Technologien für die Kreislaufwirtschaft“ und die „Einrichtung digitaler Rohstoffbörsen“ als Maßnahmen vor. Dies ist eine direkte Schnittmenge zwischen den KI/Dateninnovation-Schlüsseltechnologien und der KWSAT. Österreich verfügt mit dem Austrian Institute of Technology (AIT) und den Universitäten (TU Wien, JKU Linz) über starke FTI-Kapazitäten in KI und Datenwissenschaften.

Empfehlung: Ausschreibung einer spezifischen FFG-Leitinitiative „KI für Kreislaufwirtschaft“ im nächstmöglichen FTI-Pakt; Pilotierung einer nationalen digitalen Rohstoffbörse in Kooperation mit AIT und Recyclingbranche.

Quellenverweise:

- Huang, J. & Gopal, S. (2025): Green AI – A multidisciplinary approach to sustainability. Environmental Science & Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.es.2025.100536>
- Ranpara, R. (2025): Energy-Efficient Green AI Architectures for Circular Economies Through Multi-Layered Sustainable Resource Optimization Framework. https://www.researchgate.net/publication/392735469_Energy-Efficient_Green_AI_Architectures_for_Circular_Economies_Through_Multi-Layered_Sustainable_Resource_Optimization_Framework
- [Anon.] (2025): The Environmental Impact of AI Servers and Sustainable Solutions. <https://arxiv.org/pdf/2601.06063>

Sektor 3: Fortgeschrittene Produktionstechnologien und Robotik
Remanufacturing als industrieller Wachstumsmarkt

Dieser Sektor ist der unmittelbarste Enabler der Kreislaufwirtschaft: Fortgeschrittene Produktionstechnologien und Robotik sind die operative Grundlage für Remanufacturing, automatisiertes Disassembly und geschlossene Produktionskreisläufe.

Die wissenschaftliche Literatur belegt die Synergie klar: Das International Journal of Advanced Manufacturing Technology (Daneshmand et al., 2022, zitiert in Sonderausgabe „Autonomous Remanufacturing for Sustainability“) charakterisiert robotische Montage und Demontage als kritische Enabler der Kreislaufwirtschaft im Rahmen der vierten industriellen Revolution. Remanufacturing – die Wiederherstellung gebrauchter Produkte auf Neuzustand – schafft dabei bis zu 8-mal mehr Arbeitsplätze als das traditionelle Recycling, weil es wissensintensive Prozesse erfordert. Dafür wäre vielfach auch die Überarbeitung technischer Normen notwendig, um Kreislaufschließung zu ermöglichen.

Eine weitere Studie (Mora-Contreras et al., Sustainable Development, Wiley, 2025) zeigt empirisch, dass die gleichzeitige Implementierung von Kreislaufwirtschaft, Öko-Innovation und Industry-4.0-Technologien die Nachhaltigkeitsperformance und Wettbewerbsfähigkeit von Fertigungsunternehmen signifikant verbessert.

Spezifische Technologiefelder:

- Robotisiertes Disassembly: Automatisierte Zerlegung von End-of-Life-Produkten (Fahrzeuge, Elektronik, Maschinen) zur hochwertigen Materialrückgewinnung;

Kernthema im SEMI/imec-Netzwerk und in der europäischen Batterie-Lieferkettenstrategie.

- Additive Fertigung (3D-Druck) mit Sekundärmaterialien: Ermöglicht die Verwendung recycelter Kunststoffe, Metalle und Verbundwerkstoffe; reduziert Materialverschnitt auf quasi null.
- Cobots für Remanufacturing: Kollaborative Roboter übernehmen variantenreiche Demontageschritte, die bisher manuelle Arbeit erforderten. Dies macht Remanufacturing auch für kleine Stückzahlen wirtschaftlich.
- Digitale Zwillinge für Zero-Waste-Produktion: Virtuelle Spiegelung von Produktionsprozessen erlaubt kontinuierliche Optimierung des Materialeinsatzes in Echtzeit.

Österreich-spezifische Anknüpfungspunkte:

Österreich ist durch Unternehmen wie AVL, Anton Paar, Engel und den starken Maschinenbauc Cluster ein bedeutender Akteur in fortgeschrittenen Produktionstechnologien. Die „Klima- und Transformationsoffensive des Bundes“ (verankert in KWSAT-Umsetzung) zielt darauf ab, industrielle Produktionsprozesse klimaneutral zu gestalten – Remanufacturing ist ein Kernelement. Die Industriestrategie sieht „Regulatory Sandboxes“ für neue Technologien und Geschäftsmodelle vor, die für Pilotprojekte im Remanufacturing genutzt werden sollten.

Empfehlung: Förderung eines Leitprojekts „Austrian Remanufacturing Hub“ in Zusammenarbeit mit der Industriellenvereinigung; Verankerung von Remanufacturing-Standards in der FFG-Ausschreibungslogik des FTI-Pakts; Nutzung der Regulatory Sandboxes für neuartige Produkt-Service-Systeme (PSS).

Quellenverweise:

- Mora-Contreras et al. (2025): Revealing the Effects of Circular Economy, Eco-Innovation and Industry 4.0 on Sustainability Performance and Competitive Advantage. Sustainable Development (Wiley). <https://doi.org/10.1002/sd.70075>
- Daneshmand et al. (2022): Industry 4.0 and Prospects of Circular Economy: A Survey of Robotic Assembly and Disassembly. Int. J. Advanced Manufacturing Technology. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08389-1>
- Discover Sustainability (2024): Realization of circular economy principles in manufacturing: obstacles, advancements, and routes. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00689-2>

Sektor 4: Energie- und Umwelttechnologien

Die zirkuläre Paradoxie der Energiewende

Die Energiewende erfordert enorme Mengen an Materialien – und erzeugt gleichzeitig neue Abfallströme: Lithium-Ionen-Batterien, Photovoltaikmodule, Windturbinen. Die Kreislaufwirtschaft ist hier keine optionale Ergänzung, sondern eine systemische Notwendigkeit.

Batterietechnologie: Die EU-Batterienverordnung (2023) – die erste EU-Gesetzgebung mit ganzheitlichem Lebenszyklusansatz für ein Produkt – führt ab 2025 schrittweise CO₂-Fußabdruckdeklarationen, ab 2027 Mindestrecyclatanteile und ab 2030 verbindliche Recyclingquoten für Kobalt, Lithium und Nickel ein. Laut EPA/IEA-Bericht (veröffentlicht Mai 2026) verzeichnen internationale Patentfamilien im Bereich Batterie-Kreislaufwirtschaft von 2017 bis 2023 eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 42 % – weit über dem Wachstum der Batteriepatente insgesamt (16 %). Dies signalisiert eine rasante technologische Entwicklung bei Recycling und Second-Life-Anwendungen.

Bis 2030 könnten rund 1,2 Millionen EV-Batterien das Ende ihrer Lebensdauer erreichen, bis 2040 bereits 14 Millionen. Heutige Lieferketten für Batteriemineralien sind hochgradig konzentriert – Kreislauftechnologien sind der Schlüssel zur Versorgungssicherheit.

Wind- und PV-Technologien: Das EU-Verbot der Windturbinenblatt-Deponierung bis 2025 hat die Entwicklung von Recyclinglösungen für faserverstärkte Kunststoffe (FRP) massiv beschleunigt. Global übersteigt die jährliche Produktion von Carbonfasern 150.000 Tonnen; der Markt für recycelte Carbonfasern wird 2025 auf 500 Mio. USD geschätzt.

Österreich-spezifische Anknüpfungspunkte:

- Grazer Start-up ProtectLiB (Uni Graz, gegründet 2024) entwickelt innovative Li-Ionen-Batterierecyclinglösungen – ein konkretes österreichisches Innovationsbeispiel an der Schnittstelle Mobilitäts- und Energietechnologie.
- Österreich verfügt über starke Industrie- und FTI-Akteure in der Energietechnik (AVL, Fronius, Siemens Energy). Die Kombination aus Energietechnikstärke und Recyclingexpertise ist eine strategische Chance.
- Die geplanten „Regulatory Sandboxes“ der Industriestrategie können für Second-Life-Batterieanwendungen (stationäre Speicher aus EV-Alt Batterien) genutzt werden – ein Geschäftsmodell mit hohem Potenzial.
- Das Erneuerbares-Gas-Gesetz (im Regierungsprogramm 2025–2029 und Industriestrategie) schafft den Rahmen für Biomethan und Wasserstoff als zirkuläre Energieträger – direkte Verbindung zur Bioökonomiestrategie.

Empfehlung: Österreich könnte sich als europäischer Hub für Batterie-Secondlife und -Recycling positionieren; Aufbau eines Batteriekompetenzzentrums (analog dem Schweizer

Swiss Battery Technology Center) in der Steiermark oder Oberösterreich; aktive Beteiligung am EU-Batteries Partnership-Programm unter Horizon Europe.

Quellenverweise:

- EPO/ IEA (April 2026): Battery Circularity - Innovation trends for a future source of critical materials, [https://iea.blob.core.windows.net/assets/b54b919a-51ea-4094-a8d9-24607d636d52/EPO IEA Study BatteryCircularity final.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/b54b919a-51ea-4094-a8d9-24607d636d52/EPO_IEA_Study_BatteryCircularity_final.pdf)
- Zhou, H, et al. (2024): EU's recycled content targets of lithium-ion batteries are likely to compromise critical metal circularity. Cell Reports Physical Science. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259033222400321X>
- Gaalen, M. van et al. (2025): From Critical Raw Materials to Circular Raw Materials. ChemSusChem. <https://doi.org/10.1002/cssc.202401170>
- Europäische Kommission (2023): EU-Batterienverordnung (EU) 2023/1542. Amtsblatt der EU.

Sektor 5: Mobilitätstechnologien

Transformation der automobilen Wertschöpfungskette

Österreich ist durch Unternehmen wie AVL, Magna, BRP-Rotax, ZF und die starke Zuliefererindustrie in Oberösterreich, der Steiermark und Wien ein bedeutender Mobilitätsstandort mit rund 350.000 Beschäftigten in der Branche. Die Transformation zu Elektromobilität und neuen Antriebskonzepten macht zirkuläre Ansätze zur wirtschaftlichen Notwendigkeit.

Die österreichische Mobilitätswirtschaft befindet sich in einer „Triple Transition“ (digital – human-centric – green), wobei Kreislaufwirtschaft das europäische Alleinstellungsmerkmal sein kann, wie Experten bei der Zukunft.Mobilität 2025 (Linz, Juni 2025) betonten. Batterie-recycling wurde dort explizit als „Beginn einer neuen Wertschöpfungskette und eine Chance für Österreich“ bezeichnet.

Kreislaufwirtschaft in der Mobilitäts-Wertschöpfungskette:

Batterie-Lebenszyklus: Traktionsbatterien machen 10–15 % des Gewichts eines Elektrofahrzeugs aus. In Österreich müssen bereits seit 2015 mindestens 95 % eines Altfahrzeugs nach Gewicht verwertet werden. Mit steigender EV-Penetration – der Anteil neuzugelassener E-PKW in Österreich wächst kontinuierlich – wächst der zirkuläre Bedarf.

Das Second-Life-Konzept (EV-Alt Batterien → stationäre Stromspeicher → Recycling) ist die effizienteste Strategie zur Wertstofferhaltung: Batteriemetalle können unter entsprechendem Energieaufwand theoretisch zu bis zu 99,5 % recycelt werden. Die EU-

Batterienverordnung 2023 schreibt ab 2030 Mindestanteile für Recyclinginhalte vor (Lithium, Kobalt, Nickel, Blei).

Leichtbau und Verbundwerkstoffe: Carbonfaserverstärkte Polymere (CFRP) gewinnen im Fahrzeugbau an Bedeutung. Recyclingverfahren (Pyrolyse, Solvolyse, mechanisches Recycling) ermöglichen die Rückgewinnung von 90–95 % der Carbonfasern. Dies ist eine direkte Verbindung zu Sektor 6 (Luft- und Raumfahrt).

Fahrzeug-Remanufacturing: Die Wiederaufbereitung von Antriebskomponenten, Getrieben, Elektromotoren und Leistungselektronik ist ein etablierter, aber wachsender Markt mit hoher Wertschöpfung.

Österreich-spezifische Anknüpfungspunkte:

- Die österreichische Automobilzulieferindustrie steht unter fundamentalem Transformationsdruck; Kreislaufwirtschaft und Remanufacturing können neue Geschäftsmodelle erschließen und bestehende Kapazitäten umwidmen.
- Die Anreize zur Rückgabe von Altakkus und Altbatterien (im Regierungsprogramm 2025–2029 explizit zur Evaluierung vorgesehen) sind ein direkter Hebel zur Sicherstellung des Rohstoffrücklaufs.
- Österreich sollte die EU-Batterienverordnung aktiv als Standortchance nutzen: Ein geplantes, nationales Batterierecyclingzentrum könnte die österreichische Recyclingexzellenz mit dem Mobilitätscluster verbinden.

Empfehlung: Schaffung eines österreichischen „Automotive Circular Transition Fund“ als Public-Private-Partnership; Integration von Remanufacturing-Förderung in die bestehenden aws-Programme; Entwicklung eines nationalen Batterie-Secondlife-Standards in Kooperation mit E-Control und Fahrzeugwirtschaft.

Quellenverweise:

- Umweltbundesamt Österreich (2023): Nachnutzung und Recycling von Batterien für die Elektromobilität – Technische Grundlagen. REP-0847. Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0847bfz.pdf>
- EPA & IEA (2026): Batteries and Circular Economy: Patent Landscape 2017–2023.
<https://www.iea.org/reports/battery-circularity>

Sektor 6: Weltraum- und Luftfahrttechnologien

Hochwertige Materialien, komplexe Kreisläufe

Der Luft- und Raumfahrtsektor verwendet die anspruchsvollsten Materialien der Industrie: Titan, Aluminium-Legierungen, Nickel-Superlegierungen (Triebwerke), carbonfaserverstärkte Polymere (CFRP) und Spezialkeramiken. Diese Materialien sind teuer, energieintensiv in der Herstellung und in der Kreislaufführung schwierig – aber ökonomisch hochattraktiv.

Carbonfaser-Kreislauf: CFK-Verbundwerkstoffe sind das wichtigste Strukturmaterial der modernen Luftfahrt. Der globale Markt für recycelte Carbonfasern aus Luftfahrtverbundwerkstoffen hatte 2024 einen Wert von 142,6 Mio. USD und wächst mit einer CAGR von 12,1 % bis 2034 auf 447 Mio. USD. Airbus plant, 95 % der CFRP-Abfälle aus seiner Produktion dem Recycling zuzuführen. Recyclingverfahren wie Pyrolyse und Solvolyse ermöglichen die Rückgewinnung von 90–95 % der Carbonfasern bei minimaler Eigenschaftsdegradation (ScienceDirect, 2025).

Ein Peer-reviewed-Beitrag im Journal of Composites Science (2025) bestätigt, dass recycelte CFK-Verbundwerkstoffe die strengen strukturellen Anforderungen für Flugzeugkomponenten (Wing Spar) erfüllen können – ein Durchbruch für die Akzeptanz in sicherheitskritischen Anwendungen. Das EU-Verbot der Windturbinenblatt-Deponierung bis 2025 hat zudem die Infrastruktur für FRP-Recycling in Europa massiv beschleunigt, von der auch die Luftfahrt profitiert.

Seltene Metalle in Triebwerken: Nickel-Superlegierungen und Cobalt-Legierungen in Triebwerken sind hochwertige Materialien, für die spezialisierte Rückgewinnung etabliert ist. Platingruppenmetalle aus industriellen Anwendungen werden bereits routinemäßig aufgrund ihres hohen Wertes recycelt.

Österreich-spezifische Anknüpfungspunkte:

- Österreich ist durch das Austrian Space Forum (OeWF), die Universität Graz (IWF/Österreichische Akademie der Wissenschaften), AVL, FACC und Industrie 4.0-Kompetenzen im Luft- und Raumfahrtbereich aktiv.
- Der Weltraum- und Luftfahrtsektor ist ein Pilotanwender für die Kreislaufwirtschaft in Verbundwerkstoffen: Die im Regierungsprogramm 2025–2029 vorgesehenen Ausschreibungen für Forschungs- und Demonstrationsprojekte in Kreislaufwirtschaft und Produktionstechnologien sollten CFRP-Recycling explizit einschließen.

- Die Bioökonomiestrategie bietet eine indirekte Verbindung: Biobasierte Covalently Adaptable Networks (CANs) als Matrix für rezyklierbare CFK-Verbundwerkstoffe sind ein aufstrebendes Forschungsfeld (US DOE, 2024) – hier könnten österreichische FTI-Stärken in Holz- und Biobasierter Chemie (BOKU) eingebracht werden.

Empfehlung: Aufnahme von CFRP-Recyclingtechnologien in den FTI-Pakt 2027–2029 als explizites Fördermodul; Kooperation mit FACC und AIT zur Entwicklung eines österreichischen Kompetenzknotens für recycelte Hochleistungsverbundwerkstoffe; Integration in das ESA-Programm für nachhaltige Weltrauminfrastruktur.

Quellenverweise:

- Mamat, r. et al., ScienceDirect (2025): Carbon fibre for applications in aerospace: A review. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S294991782500077X>
- MDPI, Journal of Composites Science (Juli 2025): Advancing Sustainability in Aerospace: Evaluating the Performance of Recycled Carbon Fibre Composites in Aircraft Wing Spar Design. <https://doi.org/10.3390/jcs9080384>
- Carbon Fiber Recycling from Aerospace Composites Market 2025–2034. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/carbon-fiber-recycling-from-aerospace-composites-market>

Sektor 7: Life Sciences / Biotechnologie

Biotechnologie als Scharnier zwischen Bioökonomiestrategie und Kreislaufwirtschaft

Life Sciences und Biotechnologie sind der Sektor, in dem die österreichische Bioökonomiestrategie am stärksten mit der Kreislaufwirtschaft verschmilzt. Biotechnologische Verfahren sind nicht nur Gegenstand der Kreislaufwirtschaft (Abfallvermeidung, nachhaltige Produktion), sondern auch deren Enabler (Enzyme für Recyclingprozesse, biobasierte Materialien als Ersatz für nicht-recyclierbare Kunststoffe).

Vier strategische Dimensionen:

1. Biobasierte Materialinnovationen: Die österreichische Bioökonomiestrategie priorisiert explizit die Entwicklung biobasierter Materialien als Substitut für fossile Rohstoffe. Biopolymere (PLA, PHA, Cellulose-Derivate) und biobasierte Spezialchemikalien sind kreislaufkompatibel und kompostierbar. Dies adressiert einen Kern der Kreislaufwirtschaft – den Ersatz fossiler durch biogene Rohstoffe.
2. Nachhaltige Pharma- und Medtech-Verpackung: Die Pharmaindustrie ist ein Hochverbrauchssektor für Einwegmaterialien und Spezialverpackungen. Kreislaufwirtschaft in Life Sciences umfasst nachhaltige (biologisch abbaubare, kompostierbare, recycelbare) Verpackungen, Drug Take-Back-Programme,

Remanufacturing von Medizingeräten und biobasierte Kältemittel. Biotech-getriebene Verpackungsinnovationen, insbesondere temperaturstabile Systeme mit Vacuum Insulation Panels, ermöglichen die Kreislaufführung auch für sensible Biologika wie Vakzine und Insulin.

3. Enzymatisches Recycling: Industrielle Enzyme (produziert durch fermentative Biotechnologie) sind Schlüsselkatalysatoren für das chemische Recycling von Kunststoffen (enzymatische Depolymerisierung von PET) und für die Bioraffinerie-Verwertung von Lignozellulose-Abfällen. Österreich verfügt mit der BOKU Wien (Zentrum für Bioökonomie) und dem Austrian Centre of Industrial Biotechnology (acib) über exzellente FTI-Kapazitäten in diesem Bereich.
4. Industrial Symbiosis: Das dänische Kalundborg-Modell (Novo Nordisk, Ørsted und weitere als vernetzte Industriegemeinschaft mit Ressourcenaustausch) ist das Referenzmodell für industrielle Symbiose. Österreich verfügt an Industriestandorten in der Steiermark oder Oberrösterreich über großes Potential dafür.

Aktueller Stand der Wissenschaft: Eine Studie (Kharat et.al, 2025) identifiziert 24 Barrieren für den Kreislaufwirtschaftsübergang in pharmazeutischen Unternehmen auf operativer, strategischer und taktischer Ebene – dabei sind technologische, finanzielle und regulatorische Faktoren sowie Stakeholder-Management und Reverse Logistics die Kernhürden. Dies könnte ein direkter Handlungsauftrag für die Regulierungsreformen des Regierungsprogramms 2025–2029 sein.

Österreich-spezifische Anknüpfungspunkte:

- Die Verfügbarkeit nachwachsender Rohstoffe für die Bioökonomie (im Regierungsprogramm 2025–2029 explizit als Maßnahme) ist eine direkte Förderung des Life-Sciences-Kreislaufwirtschaftsansatzes.
- Das BOKU-Bioökonomienzentrum und das acib sind natürliche Anker für österreichische FTI-Programme an der Schnittstelle Biotechnologie–Kreislaufwirtschaft.
- Die Life Sciences Austria (LISA) und der Pharmig sollten als Stakeholder in die Weiterentwicklung der KWSAT-Task Force eingebunden werden.

Empfehlung: Entwicklung eines österreichischen „BioCircular Valley“-Konzepts als überregionales Netzwerk von Life-Sciences-Unternehmen, Bioeconomy Austria und Recyclingtechnologieanbietern unter Berücksichtigung bestehender Strukturen (z.B. Cluster of Excellency „Circular Bioengineering“); Nutzung des BOKU-Zentrums als FTI-Hub; Pilotprojekte zum enzymatischen Kunststoffrecycling im Rahmen der FFG-Ausschreibungen.

Quellenverweise:

- Kharat, M. G., Kapoor, S., Parhi, S., Kharat, M. G. & Pandey, S. (2025): Operationalizing sustainability in pharmaceuticals: Green supply chain metrics for circular economy. Sustainable Futures (Elsevier B.V.), Vol. 9, S. 100413.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666188824002612>
- Springer Nature (Januar 2025): Sustainable Practices and Circular Economy in Pharmaceutical Sciences in India and Abroad. https://doi.org/10.1007/978-981-97-5177-8_23

Sektor 8: Sicherheitstechnologien

Ein unterschätztes Feld mit strategischer Relevanz

Sicherheitstechnologien umfassen in der österreichischen Industriestrategie sowohl zivile Sicherheitssysteme (Cybersecurity-Hardware, Sensortechnologie, Kommunikationssysteme) als auch Sicherheitsinfrastruktur und – implizit – Dual-Use-Technologien mit Verteidigungsrelevanz. Die Kreislaufwirtschaft spielt hier in zwei Dimensionen: als Rohstoffresilienz-Strategie und als Nachhaltigkeitsdimension der Beschaffung.

Rohstoffresilienz als Sicherheitspolitik:

Die EU ist bei der Herstellung von Verteidigungs- und Sicherheitstechnologien auf importierte Rohstoffe angewiesen; eine Kreislaufwirtschaft kann diese kritische Abhängigkeit durch lokales Recycling und Remanufacturing mildern – derzeit ist diese Entwicklung jedoch auf wenige ausgewählte Lieferketten, vor allem Li-Ionen-Batterietechnologie, beschränkt.

Ein britisches Position Paper des Circular Economy Hub (CE-Hub, Dezember 2024, University of Exeter) analysiert explizit die Verbindung zwischen Verteidigungssektor und Kreislaufwirtschaft. Kernerkenntnis: Verteidigungsausrüstung enthält hohe Konzentrationen kritischer Materialien (Ti, Co, Ni, Seltene Erden in Permanentmagneten); Remanufacturing und Recycling von Verteidigungsgerät sind ein unterschätzter Hebel zur Rohstoffversorgungssicherheit. Das britische Unternehmen Babcock schloss 2024 eine Partnerschaft mit Uplift360 zur Entwicklung von Recyclinglösungen für Verbundmaterialien aus Verteidigungsausrüstung – ein Modell für Österreich.

Spezifische Aspekte für Österreich:

- Sicherheitstechnik-Hardware: Überwachungssysteme, Sensoren, Kommunikationsinfrastruktur enthalten erhebliche Mengen an kritischen Materialien (Gallium für GaAs-Chips, Indium für Displays, Kobalt für Energiespeicher). Die zirkuläre Beschaffung und das Remanufacturing dieser Hardware sind sowohl ökonomisch als auch sicherheitspolitisch relevant.

- Kreislaufwirtschaft als Beschaffungsprinzip: Die Industriestrategie verankert das Prinzip „Made in Europe & Partner Countries“ für öffentliche Beschaffung. Dies sollte um Kreislaufwirtschaftskriterien (Mindestrecyclatanteile, Reparierbarkeit, Produktpässe) ergänzt werden – auch für Sicherheitstechnologiebeschaffung.
- Security Innovation Ecosystem: Die Industriestrategie sieht ein neues Security Innovation Ecosystem vor. Kreislaufwirtschaft sollte als Querschnittsdimension integriert werden – sowohl für die Materialeffizienz der Geräte als auch als Anwendungsfeld (KI für Materialtracking, digitale Produktpässe für sicherheitssensitive Ausrüstung).
- Cybersecurity für Kreislaufwirtschaftsinfrastruktur: Digitale Rohstoffbörsen, Materialpasssysteme und automatisierte Recyclingprozesse sind ihrerseits kritische Infrastrukturen, die Cybersicherheitsschutz erfordern – eine direkte Verbindung zwischen beiden Schlüsseltechnologien.

Empfehlung: Integration von Kreislaufwirtschaftskriterien in den österreichischen Aktionsplan für strategische öffentliche Beschaffung (in der Industriestrategie 2035 vorgesehen), auch für Sicherheitstechnologiebeschaffung; Pilotprojekt „Circular Security Procurement“ mit dem BMI und BMLV als Referenzprojekt.

Quellenverweise:

Sektor 8 – Sicherheitstechnologien:

- CE-Hub / University of Exeter (Dezember 2024): Engaging with Defence and Security on the Circular Economy – Position Paper. Circular Economy Research Hub, Exeter. <https://ce-hub.org/wp-content/uploads/2024/12/Open-Source-CEctor-CEHub-defence-and-circular-economy-position-paper-2024.pdf>
- Baldassarre, B. (2025): Circular economy for resource security in the European Union. Ecological Economics, 227. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108345>

7 Übergreifende Schlussfolgerungen und Handlungsmatrix

Tabelle 3: Strategische Priorisierung nach Dringlichkeit und Umsetzungsreife

Sektor	Zirkuläre Kernaktion	Priorität	Nationale Anknüpfung
Elektronik / Chips	WEEE-Hochwertrecycling; Digitale Produktpässe	Hoch	KWSAT, Regierungsprogramm 2025
KI & Dateninnovation	KI für Kreislaufwirtschaft; Digitale Rohstoffbörse	Hoch	Regierungsprogramm 2025, FFG
Produktionstechnologien	Remanufacturing-Hub; Robotic Disassembly	Hoch	KWSAT, Regulatory Sandboxes
Energie & Umwelt	Batterierecycling-Zentrum; Secondlife-Rahmen	Sehr hoch	EU-Batterienverordnung, Regierungsprogramm
Mobilität	Batterie-Kreislauf; Kfz-Remanufacturing	Sehr hoch	AWG, Regierungsprogramm
Luft- & Raumfahrt	CFRP-Recycling; FRP-Kreislauf	Mittel	Bioökonomiestrategie, FTI-Pakt
Life Sciences	BioCircular Valley; Enzymatisches Recycling	Mittel	Bioökonomiestrategie, BOKU
Sicherheitstechnologien	Circular Procurement; Materialpass	Mittel-hoch	Öff. Beschaffungsstrategie

Institutionelle Handlungsempfehlung:

Die konsequente Umsetzung erfordert eine Querschnittsarchitektur, die bislang fehlt:

1. Verknüpfung der Task Forces: Die Task force Circular Economy muss strukturell mit der neuen Industrie-Task Force der Industriestrategie verzahnt werden.
2. FTI-Pakt mit Kreislaufwirtschaftsdimension: Alle neun Schlüsseltechnologie-Förderprogramme im FTI-Pakt 2027–2029 sollten eine verpflichtende Kreislaufwirtschaftskomponente enthalten.
3. Verbindliche Sekundärrohstoff-Quoten: In der öffentlichen Beschaffung (Leitmotiv „Made in Europe“) sind Mindestanteile an Sekundärrohstoffen als Zuschlagskriterium einzuführen.

4. Monitoring: Das Wettbewerbsfähigkeitsradar des Produktivitätsrats (in der Industriestrategie verankert) sollte zirkuläre Indikatoren (Sekundärrohstoffquote, Remanufacturing-Wertschöpfung, WEEE-Recyclingtiefe) explizit umfassen.

7.1 Fazit

Die Kreislaufwirtschaft ist kein Nischenthema der österreichischen Industriepolitik, sondern ein struktureller Grundpfeiler der Wettbewerbsfähigkeit in den Hochtechnologieschlüsselsektoren.

Sie adressiert gleichzeitig drei der sechs strategischen Ziele der Industriestrategie 2035: Wettbewerbsfähigkeit, wirtschaftliche Resilienz und nachhaltige Transformation.

Die **dreifache strategische Verankerung** – Industriestrategie 2035, Kreislaufwirtschaftsstrategie 2022 und Bioökonomiestrategie 2019/2022 – schafft eine tragfähige politische Grundlage. Das Regierungsprogramm 2025–2029 liefert die regulatorischen Hebel. Was noch fehlt, ist die **konsequente institutionelle Verzahnung** dieser Strategien und die Übersetzung von Absichtserklärungen in verbindliche, messbare Maßnahmen mit klaren Zuständigkeiten – ganz **im Sinne der adaptiven Steuerungsarchitektur**, die der Produktivitätsrat empfiehlt.

8 Quellen und Referenzen (Auswahl)

Nationale Strategie- und Politikdokumente:

- Bundesregierung Österreich: Industriestrategie Österreich 2035 – Gemeinsam Zukunft Produzieren (Jänner 2026), BMWET/BMIMI
- Bundesregierung Österreich: Österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie – Österreich auf dem Weg zu einer nachhaltigen und zirkulären Gesellschaft (Dezember 2022), BMK
- Bundesregierung Österreich: Erster Fortschrittsbericht zur Kreislaufwirtschaftsstrategie (Juni 2024), BMLUK
- Bundesregierung Österreich: Bioökonomiestrategie für Österreich (März 2019) + Bioökonomie-Aktionsplan (November 2022), BMK/BML/BMBWF
- Bundesregierung Österreich: Regierungsprogramm 2025–2029 – Jetzt das Richtige tun. Für Österreich. (Februar 2025)

Analysen und Bewertungen:

- Österreichischer Produktivitätsrat: Kurzanalyse 01/2026 – Industriestrategie Österreich 2035: Von der Strategie zur Umsetzung (März 2026)
- Arbeit & Wirtschaft Blog (A&W Blog): Österreichs Industriestrategie 2035: Ambitionierter Kompass – Umsetzung bestimmt den Erfolg! (Februar 2026)
- ARA/Senat der Kreislaufwirtschaft: Österreichs Regierungsprogramm 2025: Bedeutung für Unternehmen und Kreislaufwirtschaft (März 2025)
- FTI Monitor 2025 <https://forwit.at/fti-monitor-2025-oesterreichs-wettbewerbsfaehigkeit-in-fti/>
- FTI Monitor 2026 <https://fti-monitor.forwit.at/de/B/C.3>

EU-Dokumente:

- Europäische Kommission: Neuer Aktionsplan Kreislaufwirtschaft (2020)
- Regulation (EU) 2024/1252: Critical Raw Materials Act (CRMA) (April 2024)
- Regulation (EU) 2023/...: EU-Batterienverordnung (2023)
- Regulation (EU) 2024/1781: Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)
- Net-Zero Industry Act (NZIA) (2024)

Wissenschaftliche Publikationen:

- Baldassarre, B. (2025): Circular economy for resource security in the European Union: Case study, research framework, and future directions. Ecological Economics, 227, 108345. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108345>
- Baldassarre, B. & Carrara, S. (2025): Critical raw materials, circular economy, sustainable development: EU policy reflections for future research and innovation.

Resources, Conservation and Recycling, 215, 108060.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.108060>

- Gaalen, M. van et al. (2025): From Critical Raw Materials to Circular Raw Materials. ChemSusChem. <https://doi.org/10.1002/cssc.202401170>
- [Anon.] (2026): Circular Economy Pathways for Critical Raw Materials: European Union Policy Instruments, Secondary Supply, and Sustainable Development Outcomes. Sustainability (MDPI), 18(2), 562. <https://doi.org/10.3390/su18020562>
- [Anon.] (2024): Analysis of critical raw materials policy for electrical and electronic equipment: Planning for a truly circular economy. Resources Policy. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105...> [ScienceDirect]
- [Anon.] (2024): Stakeholder Perspectives on EU Regulatory Frameworks: Navigating Critical Raw Materials, Battery Innovation, and Recycling Challenges. PMC/NIH.
- European Environment Agency / EEA-ETC: Accelerating the Circular Economy in Europe: State and Outlook 2024.

Erstellt von

Task Force Circular Economy

Erstellt am: 5. Oktober 2026