



Materialien, Margen, Regulierung:

Der Cradle to Cradle Case für Europas Konsumelektronikmarkt



Cradle to Cradle NGO ist eine unabhängige gemeinnützige Organisation, die 2012 gegründet wurde und den Cradle to Cradle-Ansatz in die Praxis umsetzt – durch Bildungsarbeit, Vernetzungsplattformen und Transformationsprojekte wie das C2C LAB und Labor Tempelhof. Ihr großes Netzwerk umfasst Wirtschaft und Kommunen, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft. Jedes Jahr richtet die NGO den C2C Congress aus, die weltweit größte Plattform für die C2C-Community.



Die Boston Consulting Group schließt die Lücke zwischen Ambition und Ergebnissen für weltweit führende Unternehmen und Organisationen. BCG ist auf eine Zeit beispiellosen Wandels ausgerichtet und verbindet strategische Klarheit, gestützt auf mehr als 60 Jahre fundierte Branchen- und Fachexpertise, mit praxisnaher künstlicher Intelligenz, die von unseren Beraterinnen und Beratern geprägt wird. Gemeinsam mit CEOs aus verschiedenen Branchen und Regionen erzielt BCG transformative Wirkung in großem Maßstab: höhere Renditen, nachhaltig verankerte Fähigkeiten und Veränderungen, die Bestand haben. Weitere Informationen finden Sie unter bcg.com.



Die Cradle to Cradle Electronics Initiative (C2CEI) wurde von den gemeinnützigen Organisationen **Cradle to Cradle NGO**, **Bertelsmann Stiftung** und **Röchling Stiftung** initiiert. Sie ist auf drei Jahre angelegt, mit dem Ziel, Cradle to Cradle zum Standard für elektronische Konsumgüter zu machen. Unter ihrem Dach führen zahlreiche Unternehmen, Forschende und die Zivilgesellschaft praxisnahe Pilotprojekte und Studien durch, die Zirkularität vom Prinzip in die Praxis überführen – diese gemeinsame Studie mit BCG ist ein Beispiel dafür.



1. Zirkularität ist eine strategische Notwendigkeit

Kreislaufwirtschaft war schon immer mehr als eine Nachhaltigkeitsagenda. Sie ist eine Antwort auf eine der größten Schwächen traditioneller linearer Produktionsmodelle: ein Industriesystem, das darauf ausgelegt ist, Ressourcen einmal zu verbrauchen und dann zu entsorgen. Heute hat sich Zirkularität für die EU noch stärker zu einer strategischen Notwendigkeit für Unternehmen entwickelt. Sie kann Emissionen um rund 22 % senken, stärkt die Resilienz der Lieferketten, schafft neue Wertpools und verringert die Abhängigkeit von importierten Rohstoffen.¹ Dies gewinnt zunehmend an Bedeutung, da die weltweite Nachfrage nach kritischen Rohstoffen das Angebot bis 2040 voraussichtlich übersteigen wird, während die EU stark von wenigen Lieferländern abhängig bleibt.²

Gleichzeitig schützt Zirkularität die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Die steigende Rohstoffnachfrage erhöht den Druck auf begrenzte Ressourcen und Umweltsysteme; breit zitierte Studien zeigen, dass mehrere planetare Grenzen bereits überschritten wurden.³ Die Umwelt- und Gesundheitskosten der linearen Wirtschaft sind ebenso greifbar: gefährliche Materialien in Elektronikgeräten – Schwermetalle, bromierte Flammschutzmittel und PFAS – verursachen messbare Gesundheitsschäden. Die PFAS-bedingten Gesundheitskosten in der Europäischen Union werden auf 64–104 Mrd. € pro Jahr geschätzt, mit gesamten quantifizierbaren gesellschaftlichen Kosten von ~440 Mrd. € bis 2050.⁴ Diese breiteren gesellschaftlichen Kosten spiegeln sich in den heutigen ökonomischen Rahmenwerken noch nicht vollständig wider. Kreislaufwirtschaftsregulierung bewegt sich in diese Richtung, befindet sich jedoch noch in der Entwicklung und hat heute nur begrenzte Wirkung: Unternehmen, die heute bereits zirkuläre Ansätze verfolgen, tun dies größtenteils innerhalb von Rahmenbedingungen, die noch für eine lineare Wirtschaft ausgelegt sind.

Cradle to Cradle (C2C) stellt Design in den Mittelpunkt. C2C ist seit den 1990er-Jahren* ein grundlegender Rahmen für die Kreislaufwirtschaft. Es setzt beim Design an und ergänzt, was Recycling allein nicht leisten kann: **Materialgesundheit** (nicht nur die Abwesenheit bekannter Gefahrstoffe) und **als Materialbanken konzipierte Produkte**, deren Komponenten möglichst ohne Wertverlust zurückgeführt werden können. Reparierbarkeit, Rückgewinnungsraten und die Qualität von Recyclingmaterial werden damit zu Designentscheidungen statt zu nachgelagerten Ergebnissen. Jedes Material zirkuliert als Nährstoff – im biologischen Kreislauf, wo es sicher in die Natur zurückkehrt, oder im technischen Kreislauf, wo es auf hohem Qualitätsniveau zurückgewonnen und wiederverwendet wird. Es gibt keinen Abfall, nur Materialien am falschen Ort. Bereits in der Designphase wird der Zweck eines Produkts festgelegt und bestimmt, welchem Kreislauf jede Komponente angehört, welche Materialien gesund sind und wie viel Wert später durch zirkuläre Geschäftsmodelle zurückgewonnen werden kann. C2C-Produkte werden mit erneuerbarer Energie hergestellt, wobei die Qualität von Wasser und Boden erhalten oder verbessert wird und faire, menschenwürdige Arbeitsbedingungen eingehalten werden.

Für elektronische Konsumgüter sind Resilienzrisiken heute bedeutend. Der Sektor, der Haushaltsgeräte und Unterhaltungselektronik umfasst, steht für einen EU-Markt von 250 Mrd. €** und rund 12–13 Mio. t Material, die jährlich in der EU in Verkehr gebracht werden.^{***}

Risiken in der Material- und Komponentenversorgung betreffen vor allem Segmente, die weiterhin in Europa produzieren, insb. Haushaltsgroßgeräte: Rund 75 % der in Europa verkauften Großgeräte werden auch hier gefertigt;⁵ bei Unterhaltungselektronik ist es nur eine Minderheit. Entwicklungen wie Exportbeschränkungen für seltene Erden durch China, die Nexperia-Halbleiterkrise oder steigende Speicherchip-Preise, zeigen, wie schnell externe Abhängigkeiten Kosten erhöhen und Lieferengpässe auslösen können. Zugleich konkurrieren Energie- und Verteidigungssektor um dieselben kritischen Rohstoffe, während die EU ihre regulatorischen Anforderungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette verschärft.

In der deutschen Industrie kann die Kreislaufwirtschaft dazu beitragen, Resilienzrisiken zu verringern und zugleich wirtschaftliche Chancen erschließen. Die Studie „Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit und Resilienz: Chancen der Circular Economy für die deutsche Industrie“ von BDI und BCG zeigt, dass sich bereits innerhalb bestehender Industriestrukturen erhebliche zirkuläre Wertpotenziale realisieren lassen. Auf einem umsetzungsorientierten Pfad könnte Deutschland seine **Abhängigkeit von Rohstoffimporten um 10–20 % senken** und die jährliche **zirkuläre Bruttowertschöpfung von heute rund 60 Mrd. € auf bis zu 125 Mrd. € bis 2045 mehr als verdoppeln**. Dieses Potenzial entsteht durch die Skalierung zirkulärer Geschäftsmodelle entlang der Wertschöpfungskette – von Wiederverwendung, Refurbishment und Remanufacturing bis zu geschlossenen Recyclingkreisläufen. Die Studie schätzt den Investitionsbedarf in den Bereichen Mobilität, Maschinenbau, Bau, Energie und Textilien auf rund 20 Mrd. €, mit einer Amortisation innerhalb weniger Jahre.⁶

Auf dieser Grundlage quantifiziert das Paper das C2C-spezifische Potenzial elektronischer Konsumgüter als Basis für überzeugende Business Cases für Entscheidungsträger*innen in Unternehmen und Organisationen.

Drei strategische Imperative sprechen für die Priorisierung von Zirkularität und C2C:

1. Die hohe Abhängigkeit von Rohstoff- und Komponentenimporten setzt die Elektronikindustrie zunehmend unter Druck.
2. Im Produktbestand steckt ein erheblicher Materialwert, der am Ende der Nutzung verloren geht. Resilienz entsteht durch vorausschauendes Design: Demontierbarkeit, kreislauffähige Materialien und Produkte sowie deren Rückführung in den technischen Kreislauf halten strategische Rohstoffe in Europa.
3. Die EU-Regulierung macht Zirkularität zunehmend zur Voraussetzung für den Marktzugang. Vorgaben zu Recyclinganteilen, Reparierbarkeit und Haltbarkeit, der Digitale Produktpass (DPP) sowie ökomodulierte Herstellergebühren verlagern zentrale Anforderungen bereits in die Designphase.

* The NEXT Industrial Revolution von William McDonough & Michael Braungart; The Atlantic Monthly, Oktober 1998, Vol. 282, Nr. 4, S. 82–92

** Basierend auf BCG-Marktmodellen für Unterhaltungselektronik und Haushaltsgeräte

***Aufschlüsselung basierend auf der gesamten auf den EU-Markt gebrachten EEE-Menge (14,5 Mio. t in 2023, siehe Eurostat-WEEE-Statistiken)

2. WARUM Zirkularität für elektronische Konsumgüter heute wichtiger ist denn je

2.1 Die hohe Abhängigkeit von Rohstoff- und Komponentenimporten setzt die Elektronikindustrie unter Druck

Die europäische Elektronikindustrie ist stark von kritischen Rohstoffen* abhängig. Die jährlich in der EU in Verkehr gebrachten Elektronikprodukte enthalten rund 1,6 Mio. t kritischer Rohstoffe. Dazu zählen vor allem Aluminium und Kupfer sowie seltene Erden, Nickel, Lithium, Kobalt, Graphit und Platingruppenmetalle (PGM). Auch Gold und Silber werden in diesem Bericht berücksichtigt. Obwohl sie nach Critical Raw Materials Act (CRMA) weder als strategisch noch als kritisch gelten, bergen ihr hoher Wert und ihre starke Preisvolatilität erhebliche Kostenrisiken für produzierende Unternehmen.^{7,8}

Kritische Rohstoffe und Komponenten stammen überwiegend aus Ländern außerhalb der EU – mit China als dominierendem Lieferanten. 2024 kamen gemessen am Gewicht rund 46 % der EU-Importe seltener Erden aus China. Bei schweren seltenen Erden, die insbesondere in Permanentmagneten für Motoren eingesetzt werden, liegt die Importabhängigkeit der EU von China bei nahezu 100 %, da dort fast das gesamte weltweite Angebot raffiniert wird.⁸

Dieser Engpass auf Materialebene setzt sich unmittelbar auf Komponentenebene fort. Rund 94 % der NdFeB-Magnete werden in China hergestellt, 5 % in Japan und nur 1 % in der EU. Nahezu 80 % der Zulieferer der europäischen Halbleiterwertschöpfungskette sitzen außerhalb der EU. Die EU importiert 64 % ihres Bedarfs an Halbleiterchips. Bei DRAM-Speichern sogar 99 %, davon allein 46–58 % aus Taiwan.⁹

Eine Umfrage der EU-Handelskammer vom Dezember 2025 unter europäischen Unternehmen zeigt, dass viele betroffene Firmen mit Auswirkungen auf ihre Lieferketten rechnen:¹⁰

- 75 % berichteten, dass Genehmigungen für Exportlizenzen die Lieferzeiten um mehr als einen Monat verlängern; bei 40 % sind es mehr als zwei Monate
- 38 % erwarteten erhebliche Lieferkettenstörungen oder Produktionsstopps, sollten die Kontrollen vollständig umgesetzt werden
- Jedes dritte Unternehmen verlagerte seine Beschaffung bereits weg von China

In Deutschland beziehen rund 70 % der Elektronikunternehmen einen Großteil ihrer Materialien aus China. Zu den wichtigsten Inputs zählen Kupfer, Seltene Erden, Nickel und Lithium.¹¹

Hohe Abhängigkeit von importierten kritischen Rohstoffen macht Europas Elektronikindustrie verwundbar



Europäische Union

Rohstoffe	Relevante Produkte und Komponenten	Materialverbrauch (in kt) ²	Wirtschaftliche Bedeutung ¹	Versorgungsrisiko ¹	Importabhängigkeit ⁴	Wichtigste EU-Bezugsländer ⁶
Bauxit (Aluminium)	Gehäuse, Kühlkörper, Verkabelung in Kühlschränken, Backöfen, etc.	880 – 920	5,8	1,2	89%	Guinea (62%), Brasilien (12%), Griechenland (10%)
Kupfer	Motorwicklungen, Verkabelung, PCBs ⁴ in Waschmaschinen, Geschirrspülern	620 – 640	4,0	0,1	48%	Polen (19%), Chile (14%), Peru (10%)
Seltene Erden	Permanentmagnete, z. B. in Waschmaschinen, Kopfhörern, Lautsprechern	2,5 – 3,0	Light REE: 5,9 Heavy REE: 4,2	Light REE: 3,7 Heavy REE: 5,1	100%	China (85% - 100%) ⁵ , Malaysia (leichte REE, 11%)
Nickel	Heizelemente in Backöfen & Wasserkochern; Akkus in kabellosen Geräten	12 – 15	5,7	0,5	75%	China (33%), Indonesien (12%), Japan (9%) ⁵
Lithium		7 – 10	3,9	1,9	100%	Chile (79%), Schweiz (7%), Argentinien (6%)
Kobalt	Li-Ionen-Akkus in Smartphones, Laptops oder kabellosen Geräten wie Staubsaugern oder Elektrowerkzeugen	6 – 7	6,8	2,8	81%	Kongo, Dem. Rep. (63%), Russland (7%), Kan. (4%) ⁵
Graphit		3 – 6	3,4	1,8	99%	China (40%), Brasilien (13%), Mosambik (12%)
PGM	PCB ³ -Kontakte in Smartph., Laptops; magnetische Schichten in Festplatten	0,05 – 0,1	7,1	2,7	100%	Südafrika (94%) Russland (Palladium, 40%) ⁵
Gold	PCB ³ -Beschichtungen & Bonddrähte in Smartphones, Laptops, etc.	0,03 – 0,06	2,4	0,4	88%	China (10%), Russland (10%), Australien (10%) ⁵
Silber	Kontakte und Relais, z. B. in Backöfen; PCBs ³ in Smartphones und Laptops	1,2 – 1,5	4,6	0,8	69%	Mexiko (24%), Peru (12%), China (10%) ⁵

~11 % der elektrischen und elektronischen Geräte, die auf den EU-Markt gebracht werden

Σ ~1.600

1. Bewertung der Rohstoffe gemäß CRMA: 70 bewertete Rohstoffe, davon 34 kritisch. 2. EU-27, für elektronische Konsumgüter: Gesamtverbrauch abgeleitet aus material-spezifischen Verbänden (IFRI, ICA, WGC, Johnson Matthey, Cobalt Institute usw.), Eurostat und JRC RMIS; Aufschlüsselung abgeleitet aus JRC-Technologien „Digital“/„ICT-Sektor“ sowie material-spezifischen Branchenverbänden. 3. Leiterplatten (Printed Circuit Boards) 4. (Import – Export) / (Inlandsproduktion + Import – Export), zeigt die Verarbeitungsstufe für SEE, Nickel, Lithium, PGM und die Gewinnungsstufe für die übrigen. 5. Zeigt die wichtigsten globalen Produzenten (2024/2025), da Daten zu EU-Bezugsländern nicht verfügbar. 6. in 2023 berichtet (EU-Studie zu kritischen Rohstoffen) | Quelle: EU-CRMA; EU-Studie zu kritischen Rohstoffen; Eurostat; WGC; Silver Institute; BCG-Analyse

Kein Risiko/Niedrig Hoch Nicht kritisch¹ Kritisch/strategisch¹

* Umfasst Elektro- und Elektronikgeräte (EEE) gemäß EU-Definition. Im gesamten Bericht wird zur besseren Lesbarkeit unter „kritisch“ die Gesamtheit der strategischen und kritischen Rohstoffe gemäß der EU-CRMA-Liste sowie Gold und Silber verstanden. Berechnung wie in Abbildung 1 beschrieben. ** Im Jahr 2023 importierte die EU 20,8 t Seltenerd-magnete (92 % aus China), basierend auf der Deutschen Rohstoffagentur (2025): NdFeB-Permanentmagnete – Rohstoffe und Recycling

Deep Dive: Wie kritische Materialien Elektronikhersteller beeinflussen

Memorychip Preise verdoppeln sich innerhalb eines Jahres

Apple-CEO Tim Cook warnte im Rahmen der Quartalszahlen für Q2 2026 vor deutlich höheren Speicherkosten im laufenden Quartal. Der Einfluss von Speicherkomponenten auf das Geschäft dürfte künftig weiter zunehmen. Hintergrund ist eine globale Verknappung, ausgelöst durch die stark wachsende KI-Nachfrage. Laut einer von der Financial Times zitierten JP Morgan-Analyse könnten Speicherchips bis 2027 bis zu 45 % der Komponentenkosten eines iPhones ausmachen – gegenüber rund 10 % heute ([CNBC](#), [Apple Q2 earnings call](#), [Financial Times](#)).

Der schleichende Margendruck: seltene Erden und Silber

Nachdem Peking die Kontrollen für sieben kritische, unter anderem in Elektronik und Elektromotoren eingesetzte Elemente verschärft hatte, gingen Chinas Exporte von Permanentmagneten im Mai 2025 gegenüber dem Vorjahr um 74 % zurück. Gleichzeitig erreichte Silber am 29. Januar 2026 mit 121 \$ je Feinunze ein Allzeithoch und lag damit etwa viermal so hoch wie ein Jahr zuvor. Treiber war unter anderem die industrielle Nachfrage aus KI-Infrastruktur und Photovoltaik. Solche Preisschocks belasten Margen, können Produkt-einführungen verzögern und einzelne Geräte wirtschaftlich unrentabel machen ([IEA](#), [CNBC](#), [S&P Global](#)).

Der Boom der KI-Rechenzentren verdrängt Kapazitäten für Unterhaltungselektronik

Bloomberg Intelligence schätzt, dass Rechenzentren 2025 rund 50 % des weltweiten DRAM-Verbrauchs ausmachen – gegenüber 32 % fünf Jahre zuvor. Bis 2030 könnte der Anteil von KI-Servern auf mehr als 60 % steigen. Da Hersteller zunehmend Kapazitäten für HBM, Server-DRAM und Enterprise-Speicher reservieren, sinkt die Verfügbarkeit für Konsumenten Anwendungen und die Preise steigen ([Bloomberg](#), [IDC](#), [CNBC](#)).

Engpässe führen zu Produktionsstopps

Als die niederländische Regierung bei Nexperia – einem niederländischen Halbleiterhersteller im Besitz des Wingtech-Konzerns auf dem chinesischen Festland – intervenierte, beschränkte China 2025 die Ausfuhr von Nexperia-Produkten aus chinesischen Werken. Dadurch wurden selbst einfache, kostengünstige Standardchips in zahlreichen Branchen zum Produktionsengpass. Betroffen waren grundlegende, aber unverzichtbare Bauelemente, bei denen Nexperia weltweit einen hohen Marktanteil hält. Europäische Automobilhersteller und Zulieferer bestätigten Produktionsstörungen an ihren Standorten ([Reuters](#), [Financial Times](#)).

Die Marktkonzentration reicht über Festlandchina hinaus.

Taiwan verfügte 2021 über rund 92 % der weltweiten Kapazitäten für high-end Logikchips. TSMC allein hielt 2025 rund 70 % des globalen Foundry-Marktes und produziert die Prozessoren für jedes iPhone, Grafikchips für KI-Server und die meisten Premium-Android-Prozessoren. Bloomberg Economics schätzt, dass ein militärischer Konflikt in der Taiwanstraße die Weltwirtschaft rund 10 Billionen US-Dollar kosten könnte – der Haupttreiber ist der Wegfall des Zugangs zu modernen Halbleitern aus Taiwan. Auch kurzfristige Störungen verdeutlichen das Risiko: Ein Erdbeben bei Hualien unterbrach im April 2024 vorübergehend die Produktion bei TSMC und Micron. Die daraus resultierenden Waferverluste beliefen sich 2024 auf rund 92 Mio. \$ und im ersten Quartal 2025 auf weitere 162 Mio. \$ ([Foreign Policy](#), [Taipei Times](#) / [TrendForce](#), [Bloomberg Economics](#), [CNN](#)).

2.2 In Altprodukten und im Gerätebestand ist ein erheblicher Wert gebunden, der weitgehend ungenutzt bleibt

Europa erzeugte 2022 rund 13 Mio. t Elektroschrott. Bis 2050 dürfte das Volumen auf 16 Mio. t steigen. Dennoch werden bislang nur etwa 43 % formal gesammelt – und damit deutlich weniger als das EU-Ziel von 65 %. Stahl, Kunststoffe und andere nicht kritische Materialien machen zwar mehr als 90 % des Volumens aus, doch **75 % des Werts im Elektroschrott entfallen auf kritische Materialien**.¹²

Die geringe formale Sammelquote hat mehrere Ursachen:

Schätzungsweise 13 % des in der EU anfallenden Elektroschrotts werden über Schrott- und Altmetallkanäle erfasst. Dort liegt der Fokus häufig auf Massenmetallen, während kritische Materialien verloren gehen. Weitere 8 % landen im Restmüll, rund 5 % werden illegal exportiert. Darüber hinaus verbleiben erhebliche Mengen in privaten Haushalten: Von durchschnittlich 74 Elektrogeräten pro Haushalt werden 13 aufbewahrt, obwohl sie nicht mehr genutzt werden – neun davon sind noch funktionsfähig, vier defekt.^{12, 13}

Großgeräte wie Waschmaschinen, Backöfen, Geschirrspüler, Kühl- und Gefriergeräte machen mehr als 40 % des Elektroschrotts nach Gewicht aus und bilden damit die größte Kategorie. Sie gehören zu den besser erfassten Abfallströmen, da ihre Größe eine Lagerung in Haushalten erschwert und die WEEE-Richtlinie hier die höchsten Verwertungsziele vorgibt: 85 % Verwertung sowie 80 % Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling. Dennoch gelangt ein erheblicher Anteil, insbesondere metallreicher Geräte, in informelle Schrottkanäle. Dort wird zwar der Stahl zurückgewonnen, Kältemittel, Kunststoffe und kritische Materialien gehen jedoch häufig verloren.¹²⁻¹⁴

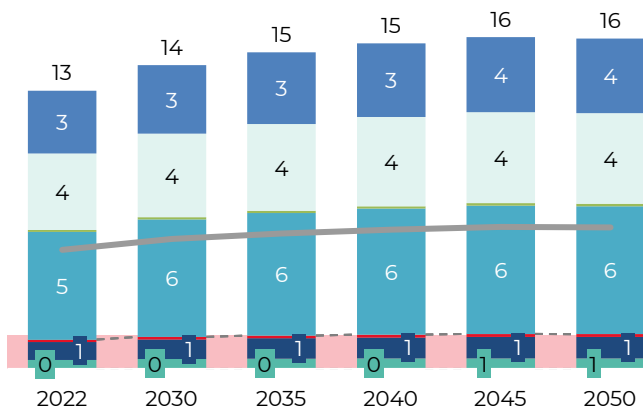
Im Haushaltsgeräte- und Unterhaltungselektronikbestand sind EU-weit kritische Materialien im Wert von mehr als 65 Mrd. € gebunden.* Da die EU Nettoimporteur ist, übersteigt der jährliche Materialwert ausgedienter Produkte von rund 9 Mrd. € den Materialbedarf für die Neuproduktion von etwa 6 Mrd. €. Dies liegt vor allem daran, dass ein großer Teil der in Europa verkauften Unterhaltungselektronik außerhalb der EU hergestellt wird.

Kritische Materialien machen nur 10 % des Elektroschrott-Volumens aus, aber 75 % seines Werts

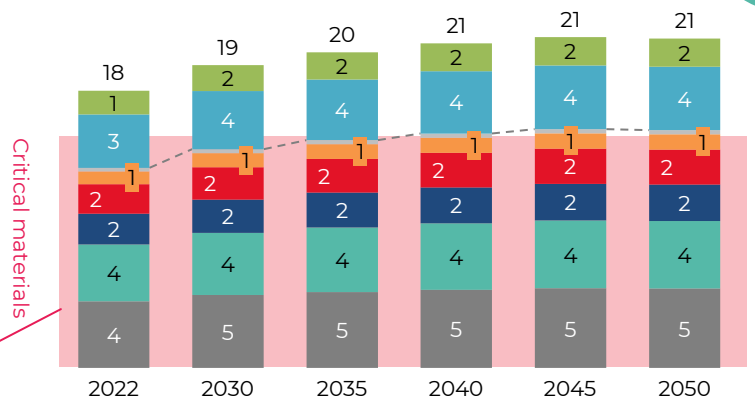


Europa (geografisch)

Elektroschrottaufkommen nach Volumen (Europa, in Mio. t)



Elektroschrottaufkommen nach Wert (Europa, in Mrd. €.)



— Davon formell gesammelt und recycelt (unter konstanter Quote von 43 %) ! Strategisch bzw. kritisch nach CRMA

1. Der Wert von Kunststoffen und sonstigen Materialien wird aufgrund der derzeit unsicheren Wirtschaftlichkeit ihrer Rückgewinnung als vernachlässigbar angenommen.
Source: Global E-waste monitor; BCG E-Waste model; BCG Analyse

Haushaltsgroßgeräte bieten ein großes Resilienzpotenzial:

Allein im europäischen Waschmaschinenbestand sind kritische Materialien im Wert von rund 6,0 Mrd. € gebunden, vor allem Kupfer und Aluminium. Da ein Großteil der in der EU verkauften Großgeräte auch hier produziert wird, können geschlossene Materialkreisläufe die industrielle Resilienz Europas direkt stärken. Jährlich ausgediente Waschmaschinen enthalten kritische Materialien im Wert von rund 0,5 Mrd. € – etwa 70 % der 0,7 Mrd. €, die für die jährliche EU-Produktion benötigt werden. Jede wiederverwendete Komponente sowie jeder Fortschritt bei Materialeffektivität und Rezyklatanteil senken die Importabhängigkeit der europäischen Industrie.

Bei Lebensdauern von 10–20 Jahren bestimmen heutige Designentscheidungen den Sekundärrohstoffstrom der späten 2030er-Jahre in Menge und Qualität.

Bei Unterhaltungselektronik und Kleingeräten ist die Logik umgekehrt: Die Produktion in der EU ist gering – bei Smartphones unter 1 %, bei Staubsaugern unter 20 % – doch installierter Bestand und Altgeräte verbleiben in Europa. Damit eröffnet sich das gesamte zirkuläre Spektrum von Reparatur und Refurbishment bis zum Recycling, um Materialwert in Europa zu halten.

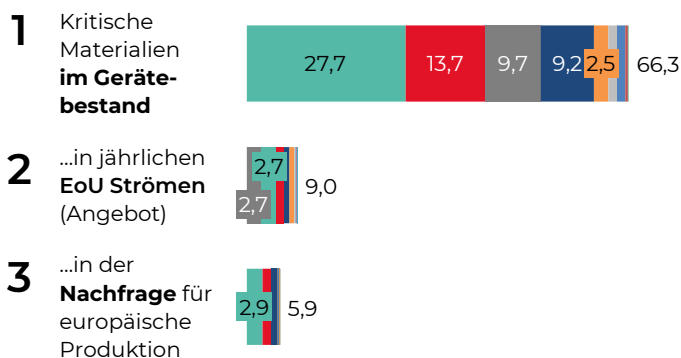
Europas Elektronik- und Haushaltsgerätebestand birgt erheblichen Wert aus kritischen Materialien



Europäische Union

>65 Mrd. € an kritischen Materialien im Bestand gebunden

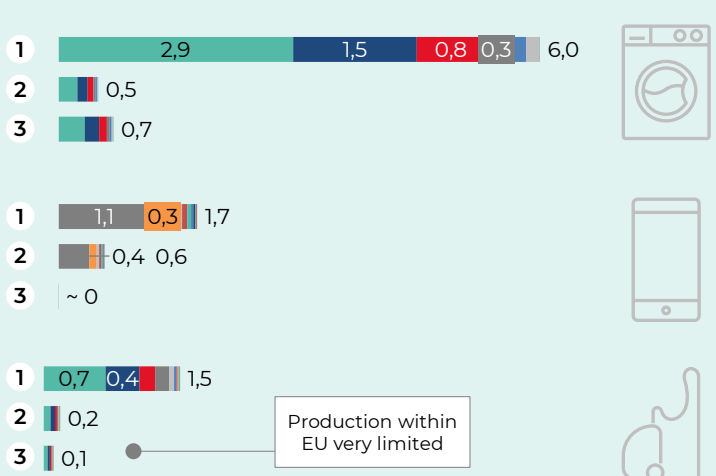
Kritische Materialien in elektronischen Konsumgütern¹ (EU-27, in Mrd. €)



Kupfer, Aluminium, REE, Cobalt, Lithium, Nickel, Graphit, PGM, Gold, Silber

Haushaltsgroßgeräte mit großem Anteil an gebundenem Wert

Kritische Materialien in ausgewählten Produkten (EU-27, value in Mrd. €)



Production within EU very limited

1. Die Werte der drei Beispielprodukte wurden mithilfe von Skalierungsfaktoren auf Haushaltsgroßgeräte, Haushaltskleingeräte und Unterhaltungselektronik hochgerechnet – massenbasiert für Strukturmetalle und wertbasiert für Funktionsmaterialien. 2. Abweichungen von der WEEE-Statistik ergeben sich aus dem unterschiedlichen Produktumfang | Quellen: APPLIA Statistical Report 2023-2024 (MDA), Counterpoint Research / Marketdataforecast 2024 (CE), GfK (SDA); BCG Analyse

Mit C2C werden Elektronikprodukte zu Materialbanken.

Wenn ein Produkt als Materialbank betrachtet und designet wird, wird es zum Wertspeicher. Gesunde und trennbare Materialien und Komponenten können daraus in voller Qualität zurückgewonnen werden. Kritische Rohstoffe gelangen so zurück in den technischen Kreislauf, statt verloren zu gehen. Häufig wird dieses Konzept vor allem mit langlebigen Gütern wie Gebäuden verbunden – es gilt jedoch ebenso für Elektronikprodukte. Ein großer Teil ihres Werts konzentriert sich in kleinen, rohstoffreichen Komponenten wie Magneten, Batterien und Leiterplatten. Dadurch können selbst kompakte und kurzlebige Geräte hochwertige Materiallager darstellen. Definierte Austauschzyklen führen die Materialien in planbaren, wiederkehrenden Strömen zurück. Gleichzeitig entsteht mit WEEE-Sammlung, erweiterter Herstellerverantwortung und Digitalem Produktpass bereits die notwendige Rückgewinnungsinfrastruktur. Entscheidend für eine funktionierende Materialbank ist daher nicht allein die Lebensdauer eines Geräts, sondern vor allem sein kreislauffähiges Design.

C2C-Geschäftsmodelle können diesen Wert umfänglich erschließen und die Resilienz stärken – durch material-effektives Design, Demontierbarkeit und Reparierbarkeit, Nutzung statt Besitz, die Nutzung geeigneter Materialien und ihre Rückführung in technische Kreisläufe.

2.3 EU-Regulierung macht Zirkularität zunehmend zur Marktzugangsvoraussetzung

Die bevorstehenden regulatorischen Veränderungen in der EU werden die Branche in den kommenden Jahren maßgeblich prägen. Kaum eine Produktgruppe liegt stärker im Schnittpunkt der neuen Anforderungen als elektronische Konsumgüter. Da sich die Regulierung auf die gesamte Wertschöpfungskette ausweitet, könnten Entscheidungen in den kommenden 18 Monaten die Wettbewerbsposition für den Rest des Jahrzehnts bestimmen. Viele Anforderungen in Beschaffung, Nutzung und End-of-Use wirken dabei unmittelbar auf das Produktdesign zurück.

SOURCE: Sekundärmaterialien werden zum regulierten Input. Die EU strebt an, bis 2030 mindestens 25 % ihres jährlichen Bedarfs an strategischen Rohstoffen durch Recycling zu decken (CRMA). Für Batterien gelten künftig Mindestanteile an recyceltem Kobalt, Lithium und Nickel. (EU-Batterieverordnung). Kältemittel wie R-410A sowie Filtermaterialien werden dem Rahmen der EU-weiten PFAS-Beschränkung nach REACH unterliegen.¹⁵⁻¹⁷

DESIGN: Produkte müssen anders entwickelt und hergestellt werden. Reparierbarkeit, Langlebigkeit und Modularität werden ab 2028 und 2029 zu verbindlichen Designanforderungen für bestimmte Elektronikprodukte. Der Digitale Produktpass bildet dabei das zentrale Transparenzinstrument (ESPR).¹⁸

USE: Produkte müssen über ihre gesamte Lebensdauer reparierbar bleiben. Hersteller müssen Reparaturen zu angemessenen Preisen anbieten, Ersatzteile und Informationen bereitstellen und vertragliche oder technische Hürden für unabhängige Reparaturbetriebe abbauen.

Für bestimmte Produktkategorien gelten diese Pflichten bis zu zehn Jahre und damit deutlich über die Garantiezeit hinaus (Right-to-Repair-Richtlinie).¹⁹ Ab Februar 2027 muss jede in der EU in Verkehr gebrachte Batterie über einen Batteriepass verfügen. Dieser schafft für Kund*innen und Reparaturbetriebe Transparenz über Zusammensetzung, Leistungsfähigkeit und Nutzungshistorie (EU-Batterieverordnung).¹⁶

END-OF-USE: Hersteller bleiben auch nach dem Verkauf verantwortlich. OEMs tragen die finanzielle und operative Verantwortung für Sammlung, Recycling und Behandlung ihrer Produkte am Nutzungsende. Ökomodulierte Herstellergebühren sollen dabei zirkuläres Design belohnen. Zugleich müssen die Mitgliedstaaten eine Sammelquote von 65 % sowie produktspezifische Recyclingziele erfüllen (WEEE).¹⁴

MARKET ECONOMICS: Nachfrage- und Kostensignale verschieben sich zugunsten zirkulärer Lösungen. Öffentliche Einrichtungen in Frankreich setzen bereits einen Mindestanteil ihrer jährlichen Beschaffungsausgaben für wiederaufbereitete, wiederverwendete oder rezyklat-haltige Produkte ein. Dies umfasst unter anderem IT-Geräte und Haushaltsgeräte.²⁰ EU-weite produktspezifische Beschaffungskriterien dürften über delegierte Rechtsakte folgen (ESPR). Auf der Kostenseite müssen europäische Abnehmer von Stahl, Aluminium und anderen emissionsintensiven Materialien zunehmend für die eingebetteten Emissionen aufkommen. Dies verbessert die Wettbewerbsbedingungen für Recyclingmaterialien (CBAM). Der geplante Circular Economy Act dürfte die Anforderungen an den Marktzugang weiter verschärfen, indem er Zirkularitätsprinzipien in verbindliche wirtschaftliche Anreize und Beschaffungsvorgaben entlang industrieller Wertschöpfungsketten übersetzt (CEA).²¹



3. WIE die Industrie mit Cradle to Cradle Wertpotenziale erschließen kann

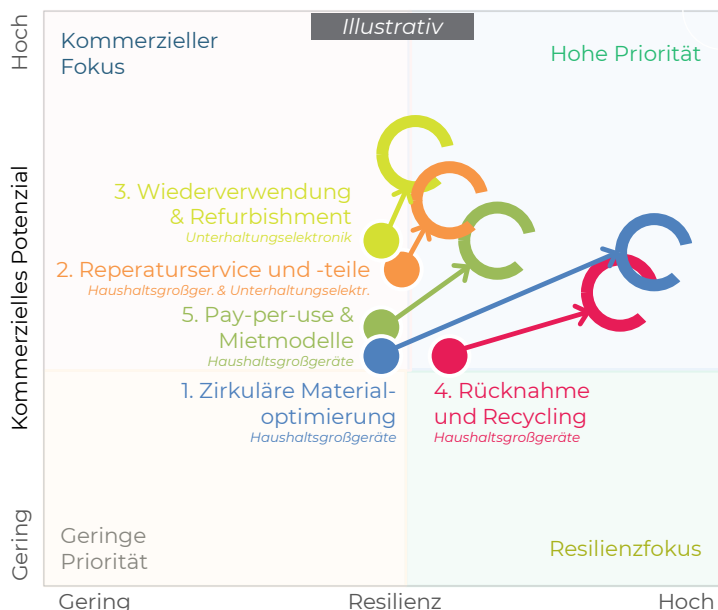
Zirkularität wird für europäische Akteure im Bereich elektronischer Konsumgüter zum Hebel für Rohstoff-resilienz und Wertschöpfung. Sie ist keine Einzelmaßnahme, sondern ein schrittweiser Übergang vom linearen, abfallintensiven Modell zu einer Wirtschaft, in der Produkte von Beginn an für kontinuierliche Kreisläufe gestaltet werden: Komponenten lassen sich sauber trennen, Materialien bleiben hochwertig und rückverfolgbar. Sie werden als technische oder biologische Nährstoffe zurückgewonnen und bleiben wiederverwendbar.

Resilienz verwandelt Abhängigkeiten in wirtschaftliche Chancen – die Idee dahinter ist nicht neu. C2C-Prinzipien und zirkuläre Geschäftsmodelle werden seit mehr als drei Jahrzehnten branchenübergreifend eingesetzt. Dadurch liegen heute belastbare Erkenntnisse dazu vor, welche Ansätze funktionieren und was für ihre wirtschaftliche Skalierung erforderlich ist.

Fünf Geschäftsmodell-Archetypen bilden heute Resilienz- und Wertschöpfungspotenziale für europäische Unternehmen ab. Sie basieren auf gezieltem Produktdesign und werden in der Industrie unterschiedlich stark eingesetzt. Entscheidend ist, wie sie den Produktwert über den Nutzungszyklus erhalten und monetarisieren. Ein ganzheitlicher C2C-Ansatz kann diese Potenziale zusätzlich erhöhen.

- 1. Zirkuläre Materialoptimierung** senkt bereits vor der Herstellung den Bedarf an Primärmaterialien und reduziert Importabhängigkeiten – durch höhere Rezyklatanteile, effizienteren Materialeinsatz und den Ersatz kritischer oder gefährlicher Stoffe. Dauerhaft wirken diese Effizienzgewinne jedoch nur, wenn die Materialien funktional geeignet, gesund und kreislauffähig sind, sodass die heute eingesetzten Ressourcen morgen hochwertig zurückgewonnen werden können.

Weitere Entwicklungen stärken Resilienz und kommerzielles Potenzial



Kommerzielle Bewertung auf Basis von Marktgröße und Margenpotenzial – heute und zusätzlich erschließbar; Resilienzbewertung auf Basis des EU-Produktionsanteils und des ersetzten Volumens kritischer Rohstoffe im Verhältnis zum Lebenszyklusumsatz.
Quelle: IBISWorld 2025; BCG Analyse

- 2. Reparaturservices** verlängern die Nutzungsdauer eines Produkts, indem sie seine Funktion wiederherstellen, statt das gesamte Gerät zu ersetzen. Vorgaben zu Ersatzteilverfügbarkeit und dem Zugang unabhängiger Reparaturbetriebe machen Reparatur zunehmend zu einer wichtigen kommerziellen Fragestellung bei Herstellern.
- 3. Wiederverwendung und Refurbishment** verlängern die Produktlebensdauer durch Rücknahme, Zustandsbewertung, Aufbereitung und Wiederverkauf. So bleibt der Wert auf Komponenten- und Produktebene erhalten, statt erst auf Materialebene zurückgewonnen zu werden.
- 4. Rücknahme und Recycling** gewinnen Materialien am Nutzungsende zurück und führen sie erneut der Produktion zu. Bei kritischen und metallreichen Komponenten stärkt Recycling bereits heute die Versorgungssicherheit und entwickelt sich mit zunehmender Skalierung und Regulierung zugleich zu einer wirtschaftlichen Chance.
- 5. Pay-per-Use- und Mietmodelle** verwandeln den einmaligen Produktverkauf in wiederkehrende Erlöse. Der Anbieter behält das Eigentum, wartet das Produkt und nimmt es zurück. Dadurch verbleiben die Materialien in einem kontrollierten Kreislauf, während über die Nutzungsdauer des Produkts ein Vielfaches des ursprünglichen Verkaufspreises erwirtschaftet werden kann.

Die fünf Modelle sind unterschiedlich weit entwickelt. Reparatur, Wiederverwendung und Refurbishment gewinnen bereits über verschiedene Produktgruppen hinweg an wirtschaftlicher Tragfähigkeit. Rücknahme und Recycling sowie zirkuläre Materialoptimierung sind noch nicht in allen Anwendungsfällen eigenständig profitabel, leisten aber schon heute einen wesentlichen Beitrag zur Resilienz. Pay-per-Use-Modelle eignen sich nur für ausgewählte Produkte, sind in diesen Nischen aber etabliert.

Die folgenden Kapitel quantifizieren die fünf Archetypen für zwei Produktgruppen: Waschmaschinen, mit hohem europäischem Produktionsanteil, strategischen Materialmengen und großem Reparaturmarkt – sowie Smartphones, mit geringer EU-Produktion, aber dem am weitesten entwickelten zirkulären Ökosystem der Branche. Der Digitale Produktpass wirkt dabei als übergreifender Enabler: Er macht Materialzusammensetzung, Reparaturhistorie und Komponentenrückverfolgbarkeit skalierbar sichtbar und erhöht damit die wirtschaftliche Tragfähigkeit aller fünf Modelle.

- **Status heute: Geschäftsmodelle nach Pilotphase–Marktpassung und Wirtschaftlichkeit im Fokus**
 - Refurbishment ist bei Unterhaltungselektronik kommerziell am weitesten skaliert
 - Rücknahmesysteme bestehen, Rückgewinnungsquoten sind jedoch weiterhin niedrig – derzeit nur 43 %
 - Pay-per-Use Modelle in Nischen mit hohem Margenpotenziale sind bislang nur begrenzt absehbar.
- 🔄 **Potenzial: Fünf Modelle werden sich auf unterschiedlichen Pfaden entwickeln, unterstützt durch Regulatorik**
 - Materialoptimierung & Recycling sind primär resilienzgetrieben und werden durch aktuelle Marktentwicklungen gestärkt
 - Regulierung will die Wirtschaftlichkeit von Reparatur- und Refurbishment-Modellen erhöhen
 - Servicemodelle, bereits für ausgewählte Produkte etabliert, können in neuen Kategorien wachsen

Waschmaschinen: 5 zirkuläre Hebel mit Resilienz- und Ertragspotenzial – zusätzliche Chancen durch C2C

Woraus eine Waschmaschine besteht (kg pro Waschmaschine, illustrativ)

! 4 kg (6 %) und 30-35 € (>30 %) an **kritischen Rohstoffen** ● ~50 % des Materials in etablierten Metall-Recyclingströmen

Trommel & Laugenbehälter	21,5	(32%)
Edelstahl (inkl. Nickel)	● 18,0	(27%)
PP (Bottich & Innengehäuse)	2,0	(3%)
EPDM (Manschette, Dichtungen)	1,5	(2%)
Tür	4,3	(6%)
Glas (Fenster)	1,9	(3%)
ABS (Frontblende, Türrahmen)	1,7	(3%)
Aluminium (Blende)	! 0,7	(1%)
Gegengewicht	26,3	(39%)
Beton	20,2	(30%)
Glasfaser-Füllstoff	6,1	(9%)
Gehäuse, Strukturbauteile	7,8	(12%)
Stahl (Blech)	● 5,4	(8%)
Stahl (sonstige)	● 0,9	(1%)
Aluminium (Dosierbehälter, Halterungen)	! 1,1	(2%)
Kunststoffteile	0,4	(<1%)
(POM, Talkum, PMMA, PA, PET, PE, PUR)		



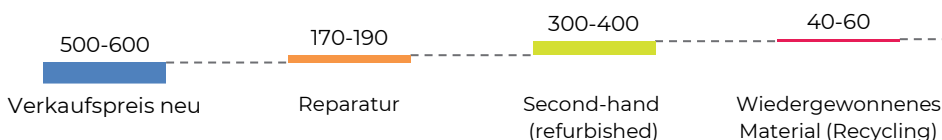
Elektronik	1,2	(2%)
Kupfer (Kabelbaum, Stromschienen)	! 0,6	(0,8%)
PVC-Isolierung	0,2	(0,3%)
Sensorelektronik	0,4	(0,6%)
Hauptplatine (Platine inkl. IC-Chips, Motorwechsellrichter)	! 0,1	(0,1%)
Motor & Antrieb	5,0	(8%)
Elektroblech (Lamellen)	● 2,0	(3,7%)
Stahl (Rotorkörper, Lager)	● 1,0	(1,5%)
Kupfer (Wicklungen)	! 0,9	(1,3%)
Aluminium (Motorgehäuse)	! 0,5	(0,7%)
NdFeB-Permanentmagnet	! <0,1	(0,1%)
Grafit (Kohlebürsten)	! <0,1	(0,1%)
Pumpen, Heizung, Sonstiges	1,3	(2%)
PA-GF (Gehäuse)	0,5	(0,7%)
Kupfer (Pumpenmotoren)	! 0,1	(0,1%)
NdFeB-Mikromagnete	! <0,1	(0,0%)
PP-GF (Dosierpumpe)	! 0,1	(0,1%)
Edelstahl (Heizelement)	● 0,4	(0,6%)
Ni-Cr-Draht (Heizelement)	! 0,1	(0,1%)

Hinweis: KI-generiertes Bild, illustrative Materialzusammensetzung eines repräsentativen Frontlader-Geräts | Quellen: JRC EUR 28042; BCG-Projekterfahrung; CRMA; BCG-Analyse

Eine Waschmaschine generiert über den Erstverkauf hinaus zusätzliche Umsätze für mehrere Marktteilnehmer (€ pro Waschmaschine, illustrativ)

Bestehendes Produkt

Lineares Geschäftsmodell



Neues Produkt

>3.000

Waschen als Service**

Kommerziell:

Resilienz:

Zirkuläre Materialoptimierung:

Potenzial für mehr Materialeffizienz und Rezyklatanteil

● Leichtbau-Einsparung (bis 18 €*) stehen höheren Kosten für Rezyklate, Design und Produktion gegenüber

Reparaturservice & -teile:

Etabliert und zunehmend verpflichtend

● Zusätzliches Marktpotenzial von ~1 Mrd. € bis 2030 (auf ~3 Mrd. € Marktgröße, bei 5 % CAGR)

Refurbishment:

Klein für sich, aber Hebel für andere Modelle

● Kleiner, aber wachsender Markt von ~0,3–0,5 Mrd. €; geringe Margen bei Preisen von 30–60 % des Neupreises

Rücknahme und Recycling:

Sichert kritische Rohstoffe, verliert aber den Komponentenwert

● ~15 % Bruttomarge im Metallrecycling

Pay-per-Use & Mietmodelle:

Wachstumsmarkt mit hohem Margenpotenzial

● Marge pro Maschine im Servicemodell >15pp über Einzelverkauf

● Bis zu 50 % Primärmaterial-einsparung je Gerät möglich, davon ~1–2 kg kritische Rohstoffe

● Anteil des gebundenen Rohstoffwerts an Lebenszeitumsatz ~5–10 %-Punkte unter Einzelverkauf

● Anteil des gebundenen Rohstoffwerts an Lebenszeitumsatz ~5–10 %-Punkte unter Einzelverkauf

● Wert der enthaltenen kritischen Rohstoffe (4 kg) macht 6–11 % der Herstellkosten aus

● Anteil des gebundenen Rohstoffwerts an Lebenszeitumsatz ~4x niedriger als bei Einzelverkauf

*Vorbehaltlich Annahmen zu Materialpreis, Qualität und Beschaffung **Bei einem Sharing-Konzept in Gemeinschafts- oder Betreutem Wohnen | Die Zahlen oben spiegeln die heute etablierte Kreislaufwirtschaftspraxis der Branche wider. Der C2C-Kern ist bei allen fünf Hebeln gleich: Materialien werden zweckgerecht, gesund und zirkulär gestaltet gewählt; die Anwendung kann je Hebel zusätzliche Resilienz und kommerzielles Potenzial schaffen (noch nicht quantifiziert). Zahlen basieren auf BCG-Modellschätzungen.



Zirkuläre Materialoptimierung: Potenzial für mehr Materialeffizienz und Rezyklateinsatz

Materialoptimierung beginnt bereits in der Designphase. Ein höherer Rezyklatanteil, geringerer Materialeinsatz und der Ersatz schwerer oder kritischer Rohstoffe durch leichtere Alternativen senken Primärmaterialbedarf, gebundene CO₂-Emissionen und Versorgungsrisiken.

Einige Lösungen sind bereits im industriellen Maßstab etabliert, darunter hocheffiziente BLDC-Motoren, dünnere Stahlbleche und integrierte Leiterplatten. Mit zunehmender Verfügbarkeit von Rezyklaten und steigenden Preisen für primäre kritische Rohstoffe dürften regulatorische Impulse wie die Anreize für Ressourceneffizienz und den Einsatz von Rezyklaten weiter verstärken – insbesondere mit der Ausarbeitung produktspezifischer Anforderungen.

Dies ist ein wichtiger Zwischenschritt zu einem umfassenden C2C-Design: Produkte bestehen aus gesunden Materialien, sind für Kreislaufführung ausgelegt und werden unter umfassender ökologischer und sozialer Verantwortung hergestellt.

Chancen durch C2C Design

Von weniger und leichterem Material hin zu den für die Nutzung geeigneten, wirksamen, gesunden und kreislauffähigen Materialien zu wechseln, macht aus diesem Effizienzschrift später rückgewinnbaren Wert. So entstehen die Materialkreisläufe, auf denen weitere zirkuläre Geschäftsmodelle aufbauen.

Reparaturservices und Ersatzteile: Etabliert und zunehmend verpflichtend

Der europäische Reparaturmarkt für Haushaltsgeräte umfasst heute rund 1,5–2,0 Mrd. €, einschließlich Ersatzteilen und Services. Bedient wird er vor allem durch OEM-Serviceorganisationen, unabhängige Dienstleister und Garantieleistungen.⁵ Die Nachfrage ist strukturell: 77 % der EU-Verbraucher*innen würden ein Gerät lieber reparieren als ersetzen.²² 66 % befragter deutscher Fachhändler nennen sie als wichtiges Kaufkriterium; 58 % berichten von Frustration, wenn sich ältere Geräte als nicht reparierbar erweisen.³⁶ Einige Hersteller akzeptieren daher bereits höhere Designkosten, um Reparierbarkeit zu verbessern.

Häufig scheitert eine Reparatur jedoch an den Kosten: Erreicht sie etwa ein Drittel des Neupreises, entscheiden sich Verbraucher*innen meist für einen Ersatz.²³ 67 % der Händler nennen hohe Ersatzteilpreise als mit Abstand größtes Hindernis. Elektronikkomponenten spielen dabei eine zentrale Rolle: Sie verursachen nach Einschätzung der Händler mehr als ein Viertel der Ausfälle außerhalb der Garantie, können jedoch von 39 % der Reparaturbetriebe nicht intern repariert werden. Aufbereitete Ersatzteile können diese Hürde senken. Komponenten wie Trommeln, Motoren, Antriebe und Elektronik sind deutlich mehr wert als die darin enthaltenen Materialien. Ihre Wiederverwendung verbessert die Reparaturökonomie und reduziert zugleich den Materialfußabdruck.

Zudem sind viele Geräte konstruktionsbedingt nicht reparierbar (62 %).³⁶ Unabhängige Betriebe, die rund 80 % der Reparaturen von Haushaltsgeräten außerhalb der Garantie durchführen, haben häufig keinen ausreichenden Zugang zu Ersatzteilen, technischen Informationen und Diagnosesoftware.²⁴ Regulierung möchte diese Hürden nun abbauen.

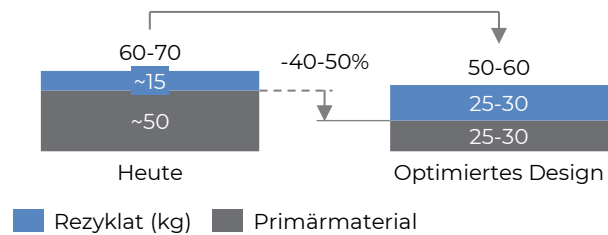
* Breiter angelegte Befragung, nicht spezifisch für Elektronikgeräte

Auf Sektorebene verstärkt sich dieser Effekt: Je mehr Produkte von Beginn an mit C2C-gerechten Materialien gestaltet werden, desto sortenreiner gelangen diese in die Recyclingströme. Dadurch steigt langfristig die Qualität der Rezyklate für den gesamten Markt. C2C-Design ist hier daher ein besonders starker Hebel.

Potenzial

- Kommerziell:** Materialkosteneinsparungen durch Leichtbau von bis zu 18 €* stehen höheren Kosten für Rezyklate, Design und Produktion gegenüber
- Resilienz:** Bis zu 50 % Primär Materialeinsparung je Gerät möglich, davon ~1–2 kg kritische Rohstoffe

Materialeinsatz (illustrativ, kg)



*Abhängig von Annahmen zu Materialpreisen, Qualität und Beschaffung Quellen: JRC EUR 28042; Weltbank; LME; LBMA; BCG-Projekterfahrung; BCG-Analyse

Bestehende ESPR-Vorschriften schreiben vor, dass Ersatzteile bis zu zehn Jahre lang verfügbar sein müssen. Die Right-to-Repair-Richtlinie ergänzt dies um die Pflicht, Reparaturen auch nach Ablauf der Garantie anzubieten, strengere Anforderungen an die Reparierbarkeit sowie einen verbesserten Zugang zu Reparaturinformationen und Diagnosetools.¹⁹

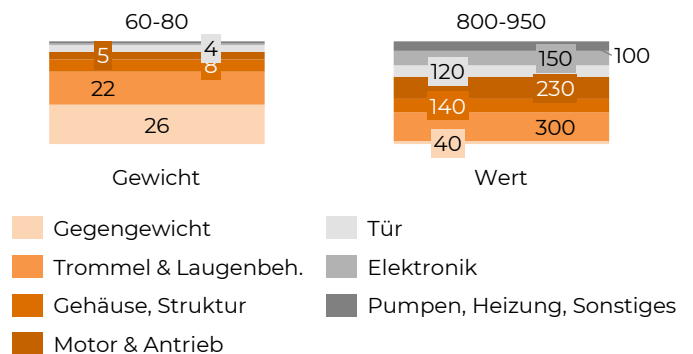
Chancen durch C2C Design

Reparaturrechtes Design – modular, zugänglich, materialkompatibel, mit gesunden Komponenten – senkt Kosten und Zeitaufwand. Dadurch wird Reparatur häufiger wirtschaftlicher als Ersatz und der Anteil reparierbarer Geräte steigt.

Potenzial

- Kommerziell:** Zusätzliches Marktpotenzial von ~1 Mrd. € bis 2030 (auf ~3 Mrd. € Marktgröße, bei 5 % CAGR)
- Resilienz:** Anteil des gebundenen Materialwerts an Lebenszeitumsatz ~5–10 %-Punkte unter Einmalverkauf (~25–30 %)

Input by component type (kg, €)



Quelle: JRC EUR 28042; öffentliche Preise auf Marktplätzen und online shops; BCG analysis



Wiederverwendung und Refurbishment*: Klein für sich, aber Hebel für andere Modelle

Obwohl sich technisch rund 60–70 % der Altgeräte wiederverwenden oder aufbereiten ließen, werden nur etwa 1–2 % der gesammelten Geräte weiterverkauft.²⁶ OEMs spielen bislang nur eine untergeordnete Rolle; ihre Second-Life-Angebote beschränken sich weitgehend auf Pilotprojekte oder vereinzelte Beispiele.* Das heutige Angebot wird daher vor allem von Plattformen und Händlern getragen, die Geräte prüfen, klassifizieren und mit zusätzlicher Garantie weiterverkaufen. Vier Hürden bremsen den Markt:

Reverse Logistics: Die Skalierung des Wiederverkaufs erfordert verlässlichen Zugang zu ausreichenden Mengen qualitativ geeigneter Geräte nach der Erstnutzung. Haushaltsgeräte sind jedoch sperrig und verursachen hohe Transportkosten; zugleich setzt das EU-Abfallrecht hohe Hürden für die grenzüberschreitende Sammlung.** Entscheidend ist daher die Kontrolle über den Rücknahmekanal, etwa durch Rücknahme bei Lieferung eines Neugeräts oder Inzahlungnahme im Handel.

Vertrauen: Kunden*innen befürchten weiterhin, dass gebrauchte Geräte schneller ausfallen. Die Einbindung aufbereiteter Geräte in Miet- oder Pay-per-Use-Modelle kann diese Hürde überwinden.*

Ersatzteilkosten: Nähern sich die Kosten für Reparatur oder Aufbereitung einem Drittel des Neupreises, wird der Austausch attraktiver.²³ Aufbereitete oder aus Altgeräten gewonnene Komponenten, etwa Elektronikmodule, können als Ersatzteile diese Kostenlogik durchbrechen.*

Rücknahme und Recycling: Sichert kritische Materialien, verliert jedoch den Komponentenwert

Eine Waschmaschine enthält rund 4 kg kritische Materialien; dennoch geht ein Großteil ihres Werts verloren. Von Kund*innen werden Haushaltsgroßgeräte gesammelt, auch aufgrund der erweiterten Herstellerverantwortung gemäß WEEE-Richtlinie. Ein Teil der Geräte gelangt jedoch in gemischte Schrottströme oder unzureichend dokumentierte Behandlungswege. Dies erschwert die Rückgewinnung hochwertiger Komponenten und Materialien. Viele Produkte sind derzeit nicht für eine effiziente Demontage ausgelegt: Verschweißte oder verklebte Baugruppen erhöhen die Abhängigkeit vom Schreddern. Dadurch werden Metalle wie Stahl, Edelstahl, Kupfer und Aluminium zu geringeren Qualitäten downgecycelt, Kunststoffe größtenteils verbrannt und die Seltene-Erden-Magnete des Motors gehen faktisch verloren.

Das Schließen der Kreisläufe ist daher vor allem eine Designfrage: Produkte müssen demontierbar sein – mit entnehmbaren und gekennzeichneten Magneten, Steckverbindungen statt Schweißnähten, Klebstoffen und Monomaterial-Kunststoffen. Die lange Produktlebensdauer verstärkt die Herausforderung: Produkte, die heute für Materialrückgewinnung ausgelegt werden, kehren erst nach rund 10–20 Jahren zurück – unter heute nicht verlässlich absehbaren Bedingungen.

Für OEMs sind Rücknahme und die Zusammenarbeit mit Recyclingunternehmen daher weniger ein Margenhebel im Recycling als ein Instrument zur Sicherung der Materialversorgung. Regulatorische Entwicklungen wie der CRMA und RESourceEU stärken den Business Case, etwa durch Rezyklatvorgaben für Permanentmagnete und geplante Exportbeschränkungen für Magnetschrott, flankiert von breiteren Markt- und Technologieentwicklungen.⁷

OEMs, die Second Life erfolgreich umsetzen, behandeln Refurbishment nicht als eigenständiges Wiederverkaufsgeschäft. Stattdessen integrieren sie es in Geschäftsmodelle wie Miete oder Reparatur und verbessern so die zugrunde liegende Wirtschaftlichkeit.

Chancen durch C2C Design

Ein demontage- und reparaturgerechtes Design – etwa mit entnehmbaren und gekennzeichneten Bauteilen, standardisierten Verbindungselementen und modularer Elektronik – reduziert Kosten und Zeitaufwand der Aufbereitung. Zugleich wird die Rückgewinnung von Komponenten für die Nutzung als Ersatzteile wirtschaftlich.

Potential



Kommerziell: Kleiner, aber wachsender europäischer Gebrauchtmärkte von ~0,3–0,5 Mrd. €; geringe Margen bei Preisen von 30–60 % des Neupreises



Resilienz: Anteil des gebundenen Materialwerts an Lebenszeitumsatz ~5–10 %-Punkte unter Einmalverkauf (~25–30 %)

* Quellen: OEM Webseiten: [Electrolux R+live remanufactured commercial washing machine](#), Bosch, Miele

** Abfallverbringungsverordnung: Können Exporteure nicht nachweisen, dass jedes Gerät funktionsfähig und zur direkten Wiederverwendung bestimmt ist, kann die Lieferung als Elektroaltgerät eingestuft werden. Dies erfordert Einzelprüfungen und Dokumentation sowie vielfach eine vorherige Notifizierung und Zustimmung.

Chancen durch C2C Design

Durch entsprechendes Design verlagert sich die Rücknahme vom geringwertigen Metallrecycling hin zur hochwertigen Rückgewinnung intakter Komponenten und kritischer Materialien – etwa Trommel, Motor und Magnete – die somit in Europa gehalten werden können.

Potenzial

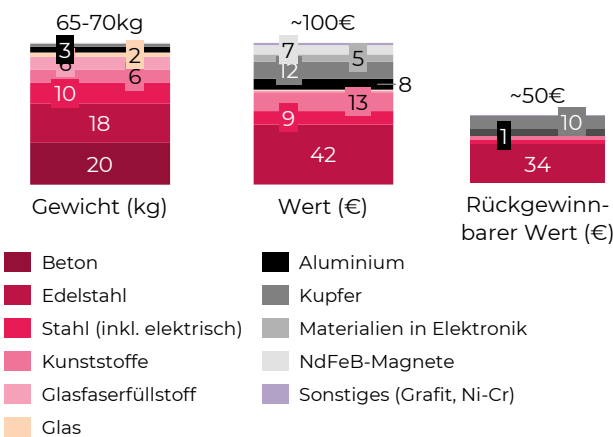


Kommerziell: ~15 % Bruttomarge im Metallrecycling*



Resilienz: Wert der enthaltenen kritischen Rohstoffe (4 kg) macht 6–11 % der Herstellkosten aus

Einsatz nach Material (kg, €)



* Variiert stark je nach Metallart

Quelle: JRC EUR 28042; CRMA; World Bank; LME; LBMA; BCG Projekterfahrung; BCG Analyse



Pay-per-Use und Mietmodelle: Wachstumsmarkt mit hohem Margenpotenzial

Veränderte Lebensphasen und Mobilitätsmuster prägen Eigentumspräferenzen neu. Pay-per-Use- und Mietmodelle richten sich gezielt an mobile, urbane Haushalte in Lebensumbruchsphasen-. Konsument*innen nutzen solche Modelle typischerweise in gemeinschaftlichen oder verwalteten Wohnformen, in denen ein Anbieter mehrere Maschinen in Wohnheimen oder Mehrfamilienhäusern betreibt. Im B2B-Bereich sind die Modelle bereits etabliert: Hotels, Krankenhäuser und Waschalons nutzen geleaste Maschinen und Serviceverträge.

In einem Pay-per-Use- oder Mietmodell verkauft der OEM nicht die Maschine, sondern die Dienstleistung. Er behält das Eigentum an der Flotte und übernimmt Installation, Wartung und Abrechnung. Da der Anbieter den Vermögenswert hält, verschieben sich die Anreize von schnellem Austausch hin zu Langlebigkeit: Je mehr Nutzungszyklen eine Maschine durchläuft, desto höher ihr Wert.

So wird aus einem Einmalverkauf ein wiederkehrender Umsatzstrom über die gesamte Lebensdauer des Produkts. Eine langlebige, reparierbare Maschine kann über rund fünf Jahre – gegebenenfalls mit anschließender Aufbereitung – ein Vielfaches ihres Verkaufspreises erwirtschaften. Beispiele aus der Praxis bestätigen die Margenlogik: Services für Industrieanlagen erzielen etwa die doppelte Bruttomarge des reinen Anlagenverkaufs.²⁸

Chancen durch C2C Design

Eine für den Serviceeinsatz konzipierte Maschine – modular, einfach aufzubereiten und aus gesunden, kreislauffähigen Materialien – übersteht mehr Wartungs- und Aufbereitungszyklen. Dadurch steigt der Umsatz je Maschine, während der Materialdurchsatz der Flotte sinkt.

Potenzial

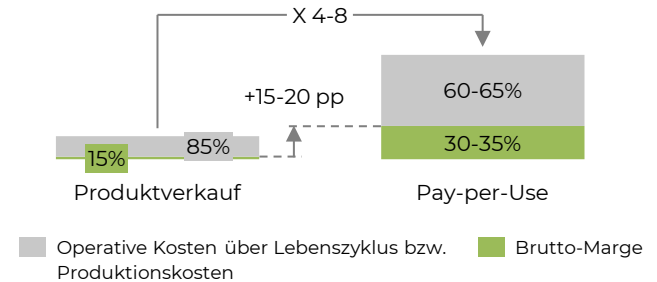


Kommerziell: Marge pro Maschine >15pp über Einmalverkauf*; adressierbarer europäischer Markt bis 2030 ~1 Mrd. € im Wohnsegment und ~2-3 Mrd. € in B2B



Resilienz: Anteil des gebundenen Materialwerts an Lebenszeiteinsatz ist als Service ~4x niedriger als bei Einmalverkauf

Margenstruktur: Produktverkauf vs. Pay-per-Use (€)



* Die Angaben beziehen sich auf professionelle Waschmaschinen, die typischerweise gemeinschaftlich genutzt werden. Die Betriebskosten umfassen Nutzungsdauer, Transport, Installation, Reparatur, Energie und Garantie.

Quelle: EU ReCIPSS project; Geschäftsbericht der Electrolux Professional Group; BCG-Analyse.





Smartphones: Wert entsteht durch Nutzung auf hohem Niveau, statt durch Materialrückgewinnung

Woraus ein Smartphone besteht (g pro Gerät, illustrativ)

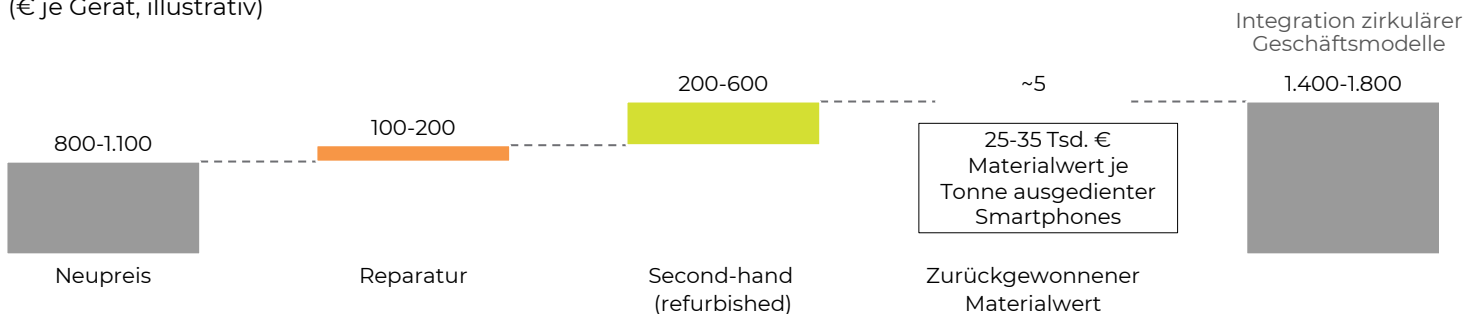
! 80 g (40-45 %) und 4-5 € (90-95 %) an **kritischen Materialien**



Anmerkung: KI-generiertes Bild | Quellen: Bookhagen, B. et al. (2020); Singh, N. et al. (2020); Bruno, M. et al. (2022); Fairphone (2020); CRMA; BCG-Analyse

Über seine Nutzungsdauer kann ein Smartphone über den Erstverkauf hinaus Umsätze für mehrere Marktteilnehmer generieren

(€ je Gerät, illustrativ)



Kommerziell:

Reparaturservice & -teile:

Etabliert und zunehmend verpflichtend

Wiederverwendung und Refurbishment:

Bewährt und skalierbar, aber durch das Angebot hochwertiger Gebrauchtgeräte begrenzt

Rücknahme und Recycling:

Strategische Quelle kritischer Rohstoffe; wirtschaftlich abhängig von höheren Sammelquoten und regulatorischer Nachfrage



~2 Mrd. € zusätzliches Marktpotenzial bis 2030 (5-7 % CAGR)



8 Mrd. € Marktvolumen bis 2028 (8 % CAGR); attraktive 15-20 % Bruttomarge, EBIT-Marge 2-8 %-Punkte über Elektronikhandel



Noch kein tragfähiger Business Case, doch der in ungenutzten EU-Geräten gebundene Materialwert wird auf 3,5 Mrd. € geschätzt

Resilienz:



Kaum EU-Produktion; gebundener Materialwert nur rund 1 % des Verkaufspreises



Kaum EU-Produktion; gebundener Materialwert nur rund 1 % des Verkaufspreises



~50 Tsd. t kritischer Rohstoffe lagern ungenutzt in europäischen Schubladen¹³ und könnten zur Rohstoffversorgung anderer Industrien beitragen

Die Angaben basieren auf heute etablierten zirkulären Praktiken der Branche. Der C2C-Kern ist in allen vier Modellen gleich: zweckgerechte, gesundheitlich unbedenkliche und kreislauffähige Materialien. Dies kann zusätzliche Resilienz- und Ertragspotenziale schaffen, die noch nicht quantifiziert sind. Die Zahlen beruhen auf BCG-Modellschätzungen.



Reparaturservice und Ersatzteile: Wachsender Aftermarket durch Regulierung

Smartphone-Reparatur ist ein Massengeschäft, das OEM-Servicenetze, Versicherer, Händler, Telekommunikationsanbieter, unabhängige Reparaturketten und Aufbereiter einbindet. Die wichtigsten Reparaturfälle betreffen Displays, Batterien, Ladeanschlüsse, Kameras und Wasserschäden. Der europäische Markt ist relativ reif; die heutigen Umsätze mit Service und Ersatzteilen werden auf 5–6 Mrd. € geschätzt, etwa je zur Hälfte aus Teilen und Arbeitsleistung.

Das Volumen konzentriert sich auf die ersten drei Nutzungsjahre und verteilt sich auf drei Kanäle: Reparaturen im Rahmen der zweijährigen Gewährleistung, versicherungsfinanzierte Reparaturen bei Unfallschäden – der größte Anteil – sowie selbst bezahlte Reparaturen außerhalb der Gewährleistung.

Bis 2030 dürfte der Markt moderat auf 7–8 Mrd. € wachsen (5 % CAGR). Haupttreiber ist nicht ein höheres Gerätevolumen, sondern eine stärkere Entscheidung zugunsten der Reparatur in den ersten drei Jahren, wenn der Restwert am höchsten ist. Right-to-Repair und die Ökodesign-Verordnung sollen dies fördern: durch besseren Teilezugang für unabhängige Reparaturbetriebe, sieben Jahre Ersatzteilverfügbarkeit, Batterien mit 800 Ladezyklen und fünf Jahre Betriebssystem-Updates.^{29,20} Befragte Fachhändler in Deutschland bewerten die Auswirkungen auf das Verhalten von Verbraucher*innen unterschiedlich; 53 % sehen jedoch Chancen für neue Geschäftsmodelle.³⁶

Wiederverwendung und Refurbishment: Skalierbar, aber durch hochwertige Gebrauchtgeräte begrenzt

Die Wiederaufbereitung von Smartphones zählt zu den reifsten und am besten skalierbaren zirkulären Geschäftsmodellen. Die Nachfrage ist preisgetrieben, bleibt aber qualitätssensibel: In einer europäischen Fünf-Länder-Studie nannten 65 % der Verbraucher*innen den Preisvorteil gegenüber Neugeräten als Kaufmotiv. Die Marktakzeptanz ist bereits hoch: Rund 18 % der in Europa genutzten Smartphones sind gebraucht. Durch Sammlung, Bewertung, Wiederaufbereitung und Wiederverkauf werden Gerätelebensdauern verlängert; Verbraucher*innen sparen gegenüber neuen Flaggschiff-Modellen typischerweise 30–40 %.^{31,32}

Geräte stammen aus Trade-in-Programmen, Rückkäufen, Direktankäufen von Verbraucher*innen, Großauktionen und von Telekommunikationsanbietern. Verarbeitet werden sie von Marktplätzen, Wiederaufbereitern, Händlern, Telkos und OEMs. Der Zugang zu hochwertigen, aufbereitungsfähigen Geräten ist der zentrale Werttreiber und zunehmend der größte Skalierungsengpass, da das Angebot knapp und schwer planbar bleibt. Wert entsteht durch Bewertung, Reparatur, Teilegewinnung und Wiederverkauf; zusätzliche Margen liefern Garantien, Finanzierung und Zubehör.

Voraussetzungen: Zugang zu aufbereitungsfähigen Geräten, insb. Grade-A-Flaggschiff-iPhones, sowie unterstützende Regulierung, etwa Beschaffungsziele für wiederaufbereitete Geräte im öffentlichen Einkauf.

Chancen durch C2C Design

Ein auf einfache Wiederaufbereitung und lange Nutzung ausgelegtes Design – mit unbedenklichen, trennbaren Materialien – erhöht Menge und Qualität aufbereitungsfähiger Geräte und entschärft so den zentralen Skalierungsengpass.

Die attraktivsten Ertragspotenziale dürften weiterhin im Ersatzteilvertrieb, in Garantieprogrammen und im Zugang zu Kund*innen liegen. Die Reparaturdurchführung selbst bleibt wettbewerbsintensiv und arbeitsaufwendig.²⁵

Chancen durch C2C Design

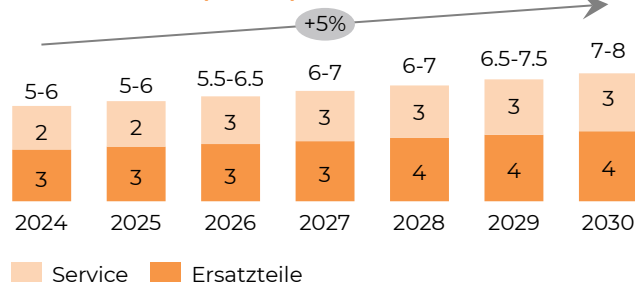
Reparaturgerechtes Design – modular, zugänglich, langlebig und schadstofffrei – erhöht Reparierbarkeit und Restlebensdauer und erweitert so den Reparaturmarkt über regulatorische Vorgaben hinaus.

Potenzial

Kommerziell: ~2 Mrd. € zusätzliches Marktpotenzial bis 2030 (~5–7 % CAGR)

Resilienz: Kaum EU-Produktion; gebundener Materialwert nur rund 1 % des Verkaufspreises

Marktvolumen (Mrd. €)



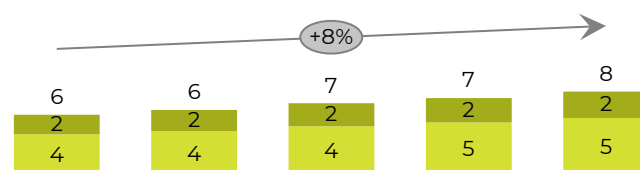
Bottom-up-Berechnung auf Basis der EU-Folgenabschätzung zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2017/1369, des französischen Reparaturbonus und von Statista Market Insights; validiert anhand öffentlicher Marktstudien.

Potenzial

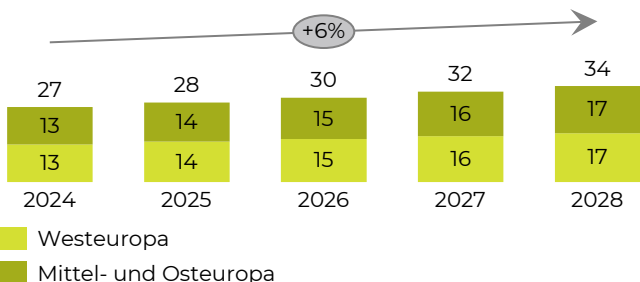
Kommerziell: 8 Mrd. € Marktvolumen bis 2028 (8 % CAGR); attraktive 15–20 % Bruttomarge, EBIT-Marge 2–8 %-Punkte über Elektronikhandel

Resilienz: Kaum EU-Produktion; gebundener Materialwert nur rund 1 % des Verkaufspreises

Europäischer Markt für wiederaufbereitete Geräte, nach Wert (Mrd. €)



Europäischer Markt für wiederaufbereitete Geräte, nach Stückzahl (Mio.)



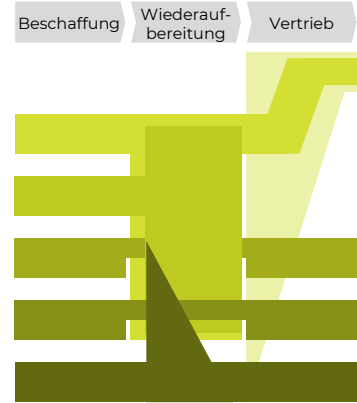
Hinweis: Westeuropa umfasst Österreich, Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Irland, Italien, Niederlande, Norwegen, Portugal, Spanien, Schweden, die Schweiz und UK. Mittel- und Osteuropa umfasst Bulgarien, Kroatien, Tschechien, Ungarn, Kasachstan, Polen, Rumänien, Russland, Serbien, die Slowakei und die Ukraine | Quelle: IDC; CCS Insights; BCG-Analyse



Akteurstyp	Rolle
Marketplace	Vermittelt wiederaufbereitete Geräte, ohne sie selbst zu besitzen
Pure Player	Deckt Beschaffung, Wiederaufbereitung und Vertrieb ab
Refurbisher	Bereitet Geräte auf und vertreibt sie ausschließlich im B2B
Handel	Verkauft Retouren und wiederaufbereitete Geräte, teils aus eigener Aufbereitung
Telko	Verknüpft Trade-in mit Vertrag oder Geräte-Upgrade
OEM	Bereitet Garantie- und Trade-in-Geräte auf und verkauft sie weiter

Beispiele

Back Market
Swappie, recommerce
Foxway, Elite
MedieMarkt, Fnac Darty
Telefónica, Vodafone
Apple, Samsung



Rücknahme & Recycling: Wirtschaftlich abhängig von Sammelquoten und regulatorischen Nachfrageimpulsen, strategische Quelle kritischer Rohstoffe

Eine Tonne ausgedienter Smartphones enthält beim heutigen Goldpreis einen Rohstoffwert von ~25–35 Tsd. €; etwa 70 % davon entfallen auf Gold. Damit übertrifft sie alle großvolumigen Recyclingströme deutlich: Kupferschrott erzielt ~7–9 Tsd. € pro Tonne, Aluminium 1.000–1.800 €, Stahl nur ~300 € und gemischte Kunststoffe 0–200 €. Rein rechnerisch sind Smartphones damit der wertvollste Urban-Mining-Strom im Abfallsystem.

In der Praxis wird jedoch aus vier Gründen kaum Wert zurückgewonnen:

1. Die Sammlung ist der zentrale Engpass: Die Sammelquote für Mobiltelefone liegt in der EU unter 5 %; rund 700 Mio. Geräte lagern ungenutzt in Haushalten.^{13,30}
2. Smartphones sind nicht kreislauffähig gestaltet: Verklebte, nicht modulare Konstruktionen aus mehr als 60 vermischten Elementen erschweren Demontage und Materialtrennung.
3. Die Rückgewinnung erfolgt selektiv: Integrierte Schmelzverfahren gewinnen Gold, Silber, Palladium und Kupfer zu über 95 % zurück. Seltene Erden – mit einer Recyclingquote am Nutzungsende von unter 1 % – sowie Lithium oxidieren dagegen in der Schlacke und gehen verloren.³⁴
4. Die Wirtschaftlichkeit pro Gerät ist negativ: Verklebte, stark miniaturisierte Baugruppen erfordern eine langsame manuelle Demontage mit Kosten von 2–7 € pro Gerät.³⁵

Was sich verändert: Neue EU-Vorgaben schaffen durch den CRMA und Rückgewinnungsziele für Batterien zusätzliche Nachfrage nach Rezyklaten. Zugleich erleichtern Anforderungen an recyclinggerechtes Design und technologische Fortschritte die Materialrückgewinnung.^{15,16} Die künftige Wirtschaftlichkeit hängt vor allem von ausreichend hohen Sammelquoten und dem Zugang zu Altgeräten ab.

Potenziele durch C2C-Design

Gesundheitlich unbedenkliche, sortenrein trennbare und kreislauffähig gestaltete Materialien ermöglichen die hochwertige Rückgewinnung – auch von Seltenen Erden, die heute noch in der Schlacke verloren gehen. So kann aus dem wertvollsten Urban-Mining-Strom ein tatsächlich nutzbares Rohstoffpotenzial werden.

Potenzial



Kommerziell: Noch kein tragfähiger Business Case, doch der in ungenutzten Geräten in der EU gebundene Materialwert wird auf 3,5 Mrd. € geschätzt.

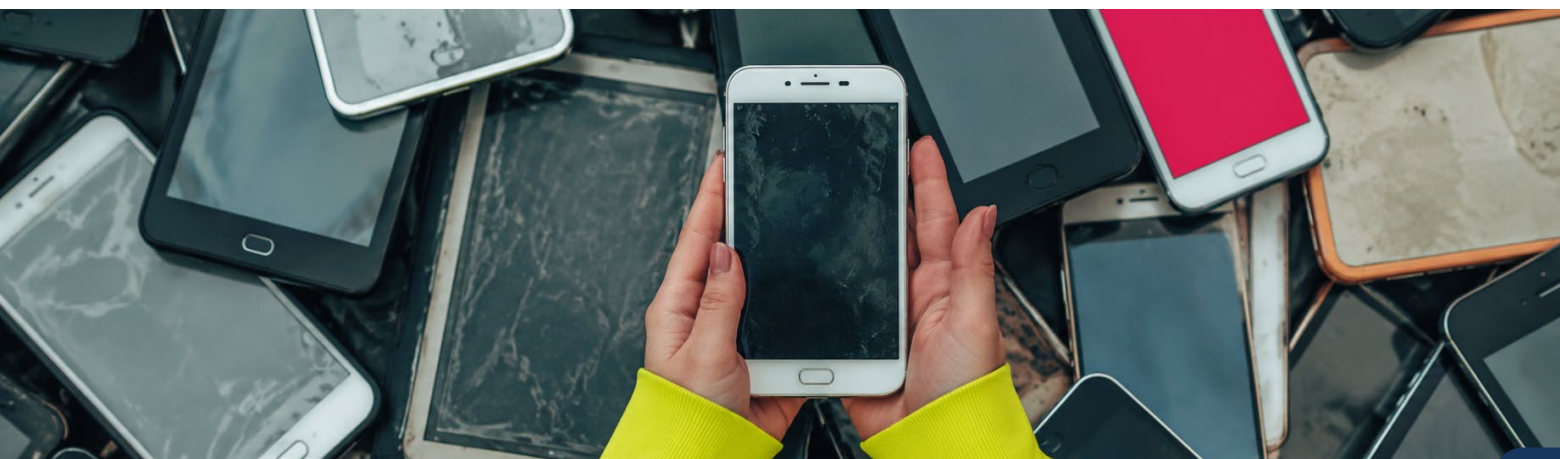


Resilienz: ~50 Tsd. t kritischer Rohstoffe lagern ungenutzt in europäischen Schubladen¹³ und könnten zur Rohstoffversorgung anderer Industrien beitragen.

100x mehr Gold enthält eine Tonne Smartphones als eine Tonne Golderz

15% der jährlichen weltweiten Goldproduktion sind faktisch in nicht zurückgewonnenen Mobilgeräten gebunden

Quellen: Bookhagen et al. (2020); S&P (2022, rückgewinnbarer Goldgehalt von US-Erzen); Gomez et al. (2023); globaler Bericht des USGS; Global E-waste Monitor (2024); Europäische Kommission (2023)



4. WIE eine mögliche Antwort aussehen kann

Zirkuläre Wertschöpfung folgt je nach Produkt unterschiedlichen Pfaden. Der materielle Wert liegt oft in einem kleinen Teil des Produktgewichts. Wie viel davon in hoher Qualität erhalten oder zurückgewonnen werden kann, entscheidet maßgeblich das Design. Bei Waschmaschinen bieten zirkuläre Geschäftsmodelle bereits heute klare Resilienzvorteile. Bei Smartphones liegt der größte Hebel dagegen in einer längeren Produktlebensdauer, weniger in der Materialrückgewinnung. Kapitel 3 hat gezeigt, wie heutige Praktiken der Kreislaufwirtschaft Wert schaffen. C2C-Design eröffnet darüber hinaus zusätzliche Möglichkeiten, den Wert von Produkten, Komponenten und Materialien über mehrere Kreisläufe zu erhalten.

Wirtschaftliche Logik und regulatorischer Zeitplan greifen zunehmend ineinander: Die heutigen Designentscheidungen europäischer Hersteller prägen ihre Kostenposition und regulatorische Handlungsfähigkeit für den Rest des Jahrzehnts. Der richtige Einstiegspunkt unterscheidet sich jedoch je nach Unternehmen. Sechs Fragen zeigen, wo der größte Mehrwert liegt:

Rückverfolgbarkeit in der Lieferkette: Wie weit reicht die Transparenz über die Materialherkunft über Tier-1-Lieferanten hinaus? Für Unternehmen mit hoher Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen wie Kupfer, Aluminium, Nickel, Seltenen Erden, Kobalt oder Lithium reicht die Kenntnis des direkten Zulieferers nicht aus. Konzentrationsrisiken liegen oft auf Ebene der Raffinerie oder Mine und bleiben für den Einkauf unsichtbar. Die systematische Erfassung nach Materialmenge und -qualität, Land und Lieferant ist daher zentral, um Versorgungsrisiken zu senken und die Exposition über Produktlinien hinweg gezielt zu steuern.

Kostenexposition: Welcher Anteil der Herstellungskosten hängt von kritischen Rohstoffen ab? Bei hoher Exposition sollten Materialeinsatz und Recyclingpartnerschaften priorisiert werden. Beides senkt Kostenvolatilität und Importabhängigkeit. Die Materialwahl entscheidet zugleich, ob diese Einsparpotenziale im nächsten Kreislauf erhalten bleiben.

Produktdesign: Wie modular sind Produktplattform und Portfolio und sind die eingesetzten Materialien gesundheitlich unbedenklich und für die geplante Nutzung geeignet? Modularität ermöglicht Reparatur und Wiederaufbereitung. Unbedenkliche, sortenrein trennbare Materialien sichern den Werterhalt und die spätere Rückgewinnung. Geringe Modularität sowie gemischte oder schadstoffhaltige Materialien machen ein Redesign nach C2C-Prinzipien zum entscheidenden Schritt für die meisten zirkulären Geschäftsmodelle.

Reifegrad der Vertriebskanäle: Besteht nach dem Verkauf eine direkte Beziehung zu Kund*innen? Falls ja, werden Pay-per-Use und Mietmodelle möglich: Der Hersteller behält das Eigentum und nimmt das Produkt am Ende der Nutzung zurück.

Infrastruktur für das Nutzungsende: Werden Produkte bereits heute zurückgenommen? Falls ja, können Modelle für Aufarbeitung, Wiederaufbereitung und Recycling auf bestehenden Strukturen aufbauen.

Zirkuläre Geschäftsmodelle wirtschaftlich tragfähig machen: Welche Kombination aus Nachfrage, Rezyklatvorgaben, Beschaffung, Rücknahmemengen und C2C-Design schafft einen belastbaren Business Case?

Und welche Nachweise erwarten Investoren und Entscheidungsgremien? Modelle wie Rücknahme, Recycling und Wiederaufbereitung stärken die Resilienz, sind jedoch noch nicht für alle Materialien, Produkte und Marktteilnehmer wirtschaftlich tragfähig.

Aus der Studie ergeben sich fünf branchenübergreifende Handlungsfelder. Sie zeigen, wo die Cradle to Cradle Electronics Initiative in den kommenden drei Jahren – aufbauend auf laufenden Arbeitssträngen – den größten Mehrwert schaffen kann:

Gemeinsame Designgrundlage: Der Branche fehlen einheitliche C2C-Designstandards, insbesondere für positiv definierte, gesundheitlich unbedenkliche Materialien und ein an der geplanten Nutzung ausgerichtetes Design for Disassembly. Ohne gemeinsame Standards entwickelt jeder Hersteller vergleichbare Kriterien neu.

Orchestrierung des Ökosystems: Alle fünf Archetypen erfordern geschlossene Wertschöpfungskreisläufe, die kein OEM allein aufbauen kann. Die Initiative kann erfolgreiche Partnerschaften erfassen, Bedarfe für neue Allianzen identifizieren und die relevanten Akteure zusammenbringen.

Mitgestaltung der Regulierung: Das französische AGEC-Gesetz zeigt, dass gezielte Regulierung Geschäftsmodelle verändern kann. Für eine europaweite Skalierung sollte die Industrie konkrete Business Cases in regulatorisch anschlussfähige Vorschläge übersetzen und sich aktiv an den delegierten Rechtsakten der ESPR, am CEA und an der Harmonisierung der erweiterten Herstellerverantwortung beteiligen.

Digitaler Produktpass: Trotz seines Potenzials als C2C-Enabler bestehen weiterhin Unsicherheiten zum DPP. Die Initiative kann konkrete Anwendungsfälle ausarbeiten – darunter Materialtransparenz, Reparaturhistorien, Restwertbepreisung, Zweitnutzungssteuerung und Nachweise zur Ökomodulation – und sie direkt mit C2C-Design verknüpfen.

Über Konsumgüter hinaus: Europa ist besonders stark bei elektronischen Komponenten, Maschinen und industriellen Automobilanwendungen. Die C2C-Logik bleibt dieselbe: Materialabhängigkeit, regulatorischer Druck und Werterhalt über den Nutzungszyklus. Wirtschaftlichkeit und Betriebsmodelle unterscheiden sich jedoch. Eine vergleichbare Analyse für Industrieelektronik würde die Initiative auf Segmente ausweiten, in denen Europa heute besonders wettbewerbsfähig ist.

Gesamtkostenvergleich: C2C vs. lineares Design

Einige Kreislaufgeschäftsmodelle sind bei Consumer Electronics bereits wirtschaftlich tragfähig. C2C-Design eröffnet zusätzliche Potenziale. Wo die Modelle an wirtschaftliche Grenzen stoßen, muss die Regulierung schneller vorankommen, um gemäß Verursacherprinzip gleiche Wettbewerbsbedingungen zu schaffen, unter denen zukunftsfähige Lösungen subventionslos zum Wettbewerbsvorteil werden. Das vollständige Bild ergibt sich mit Blick auf die gesamtgesellschaftlichen Kosten: C2C-Design verringert die Exposition gegenüber Schadstoffen für Beschäftigte, Verbraucher*innen und die Umwelt. Damit sinken nachgelagerte Kosten, die als Belastung für Gesundheitssysteme, Umweltsanierungsbudgets und als steigende Versicherungsprämien durch zunehmende Ökosystemschäden sichtbar werden. Diese externalisierten Kosten sind bislang unzureichend eingepreist.

Glossar und Abkürzungen

Begriff	Abkürzung	Definition
Biologischer Kreislauf (Biosphäre)		Gesamtheit aller Lebensräume von Organismen auf der Erde. Produkte und Materialien, die in die Biosphäre gelangen, müssen biologisch abbaubar sein. Produkte, die aus biologisch abbaubaren und nicht biologisch abbaubaren Materialien bestehen, müssen so designt und hergestellt sein, dass sich die unterschiedlichen Materialien rückstandslos trennen lassen und innerhalb ihrer jeweiligen Sphären zirkulieren können.
Carbon Border Adjustment Mechanism	CBAM	Schafft ein CO ₂ -Grenzausgleichssystem für bestimmte in die EU eingeführte Waren und soll verhindern, dass die Klimaschutzmaßnahmen der EU durch die Verlagerung emissionsintensiver Produktion in Länder mit weniger strengen Klimavorgaben unterlaufen werden.
Cradle to Cradle	C2C	Bezeichnet sowohl ein Designkonzept als auch eine Denkschule. Produkte werden so gestaltet, dass Materialien gesund und dauerhaft in biologischen oder technischen Kreisläufen zirkulieren können. Dabei werden erneuerbare Energien, die Erhaltung beziehungsweise Verbesserung von Luft-, Wasser- und Bodenqualität sowie faire und menschenwürdige Arbeitsbedingungen berücksichtigt.
Circular Economy		Systemischer Ansatz, bei dem Material-, Energie- und Produktkreisläufe geschlossen werden, um den Verbrauch primärer Rohstoffe und die Entstehung von Abfällen zu reduzieren. C2C beinhaltet diesen Ansatz und geht bei Produktdesign, Gesundheitsaspekten, sozialen Dimensionen und der Erweiterung auf andere Sektoren und die Gesamtgesellschaft darüber hinaus.
Circular Economy Act	CEA	Für 2026 angekündigter EU-Rechtsakt zur Schaffung eines Binnenmarkts für Sekundärrohstoffe. Er soll das Angebot hochwertiger Recyclingmaterialien erhöhen und die Nachfrage nach diesen Materialien in der EU stärken.
Kritische Rohstoffe		Rohstoff, der für die Wirtschaft der EU von hoher Bedeutung ist und bei dem ein hohes Versorgungsrisiko besteht. In dieser Studie werden Gold und Silber zur besseren Lesbarkeit ebenfalls als „kritisch“ bezeichnet. Sie sind laut CRMA nicht als strategisch oder kritisch eingestuft, weisen für Hersteller jedoch aufgrund ihres hohen Werts und ihrer Preisvolatilität erhebliche Kostenrisiken auf.
Critical Raw Materials Act (EU-Verordnung zu kritischen Rohstoffen)	CRMA	Schafft einen Rahmen zur Gewährleistung einer sicheren und nachhaltigen Versorgung der EU mit kritischen Rohstoffen. Die Verordnung führt 34 kritische Rohstoffe auf, von denen 17 als strategische Rohstoffe eingestuft sind.
Unterhaltungselektronik	CE	Elektronische Geräte für Unterhaltung und Kommunikation im privaten Umfeld, darunter Smartphones, Laptops, Monitore, Radios, Fernseher, Kameras, Verstärker, Kopfhörer, Wearables und Drucke
Digitaler Produktpass	DPP	Produktspezifischer Datensatz, der die nach den jeweils geltenden Ökodesign-Anforderungen vorgeschriebenen Informationen enthält und elektronisch über einen Datenträger zugänglich ist. Der Digital Product Passport ist in der ESPR verankert.
Elektro- und Elektronikgeräte	EEE	Geräte, die zu ihrem ordnungsgemäßen Betrieb von elektrischen Strömen oder elektromagnetischen Feldern abhängig sind, sowie Geräte zur Erzeugung, Übertragung und Messung solcher Ströme und Felder.
End of Use (Nutzungsende)	EoU	Zeitpunkt, an dem die aktuelle Nutzungsphase eines Produkts oder Materials endet und es in einen biologischen oder technischen Kreislauf zurückgeführt wird. C2C verwendet den Begriff anstelle von „Lebensende“, um zu verdeutlichen, dass Produkte und Materialien nicht dauerhaft zu Abfall werden müssen.
Ökoeffektivität		Ansatz, bei dem zunächst ein materialgesundes, kreislauffähiges Produkt mit positivem Mehrwert geschaffen wird. Anschließend kann dessen Herstellung und Nutzung kontinuierlich effizienter gestaltet werden

Glossar und Abkürzungen

Begriff	Abkürzung	Definition
Elektronische Konsumgüter		Umfasst im Kontext dieser Studie sowohl Unterhaltungselektronik als auch kleine und große Haushaltsgeräte.
Erweiterte Herstellerverantwortung		Bündel von Maßnahmen, durch die Hersteller die finanzielle oder finanzielle und organisatorische Verantwortung für die Bewirtschaftung der Abfallphase eines Produkts übernehmen.
Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte	ESPR	Verordnung (EU) 2024/1781 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte. Sie ermöglicht produktspezifische Anforderungen unter anderem an Haltbarkeit, Reparierbarkeit, Wiederverwendbarkeit, Recyclingfähigkeit, Energie- und Ressourceneffizienz sowie den Rezyklatanteil.
Haushalts Großgeräte		Große, typischerweise fest installierte oder schwer zu bewegendende Haushaltsgeräte, darunter Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen, Trockner, Geschirrspüler, Kochgeräte, elektrische Heizgeräte, Klimaanlage, Luftreiniger und Dunstabzugshauben. Auch als „Weiße Ware“ bezeichnet.
Neodym-Eisen-Bor-Magnete	NdFeB	Besonders leistungsstarke, kommerziell verfügbare Permanentmagnete auf Basis seltener Erden. Sie werden unter anderem in Antrieben von Elektrofahrzeugen, Windturbinen, Industriegeräten, Festplatten, Elektromotoren, Wärmepumpen und Unterhaltungselektronik eingesetzt.
Leiterplatte (Printed Circuit Board)	PCB	Trägt elektronische Bauteile mechanisch und verbindet sie elektrisch. Leiterplatten kommen in nahezu allen elektronischen Geräten vor und bilden einen zentralen Bestandteil des Elektroaltgeräteaufkommens. Sie enthalten rückgewinnbare kritische Rohstoffe wie Gold, Kupfer und Palladium.
Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen	PFAS	Stoffgruppe, die nach der OECD-Definition mindestens ein vollständig fluoriertes Methyl- oder Methylen-Kohlenstoffatom enthält.
Metalle der Platingruppe (Platinum Group Metals)	PGMs	Gruppe von sechs eng verwandten Übergangsmetallen: Platin, Palladium, Rhodium, Ruthenium, Iridium und Osmium. Sie werden unter anderem in Katalysatoren, Leiterplatten, elektronischen Kontakten, Steckverbindungen und chemischen Katalysatoren eingesetzt.
REACH-Verordnung	REACH	Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe sowie zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur.
Haushaltskleingeräte	SDA	Kleine, tragbare Haushaltsgeräte, beispielsweise Staubsauger, Bügeleisen, Toaster, Kaffeemaschinen, Küchengeräte, Uhren, Wecker, Haartrockner, Rasierer und elektrische Zahnbürsten.
Technischer Kreislauf (Technosphäre)		In der Technosphäre zirkulieren Materialien wie bspw. Metalle oder Kunststoffe, die begrenzt auf der Erde zur Verfügung stehen und daher bei gleichbleibend hoher Qualität erhalten werden müssen. Auch nachwachsende Rohstoffe können in der Technosphäre zirkulieren, bevor sie dann wieder in die Biosphäre zurückgehen.
Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Waste Electrical and Electronic Equipment)	WEEE	Elektro- und Elektronikgeräte, die Abfall im Sinne der EU-Abfallrahmenrichtlinie sind, einschließlich aller Bauteile, Unterbaugruppen und Verbrauchsmaterialien, die zum Zeitpunkt der Entledigung Teil des Produkts sind. Die Richtlinie 2012/19/EU enthält Vorgaben zur Sammlung und Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten sowie zu deren Verwertung und Recycling.

1. EEA (2026): *The environmental and climate benefits of a circular economy*. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/the-environmental-and-climate-benefits-of-circular-economy>.
2. BCG (2026): *Ecosystems Are the Missing Link in Critical Minerals Supply Chains*. URL: <https://www.bcg.com/publications/2026/why-ecosystems-matter-in-critical-mineral-supply-chains>.
3. Stockholm Resilience Centre / Richardson et al. (2023): *All planetary boundaries mapped out for the first time, six of nine crossed*. URL: <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2023-09-13-all-planetary-boundaries-mapped-out-for-the-first-time-six-of-nine-crossed.html>.
4. European Commission (2026): *Cost of PFAS Pollution to Our Society*. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2bcea765-fbf8-11f0-8da5-01aa75ed71a1/language-en>.
5. APPLIA (2025): *The Home Appliance Industry in Europe 2023-2024*. URL: <https://statreport2024.applia-europe.eu/>.
6. BDI, BCG (2026): *Growth, Competitiveness, and Resilience Circular Economy Opportunities for German Industry*. URL: https://circular-economy.bcg.com/home/?utm_medium=referral&utm_source=bcg.com&utm_campaign=circulareconomy&utm_description=organic&utm_topic=circulareconomy&utm_geo=ce&utm_content=press_release.
7. European Commission (2023): *Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study*. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC132889>.
8. European Commission (2023): *Study on the Critical Raw Materials for the EU*. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/57318397-fdd4-11ed-a05c-01aa75ed71a1>.
9. Cerutti & Nardo (2023): *Semiconductors in the EU (JRC133850)*. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC133850>.
10. EU Chamber of Commerce in China (2025): *Flash Survey on China's Export Controls*. URL: <https://www.europeanchamber.com.cn/en/press-releases/3757/european-chamber-survey-finds-one-in-three-looking-to-divert-sourcing-away-from-china-to-mitigate-impact-of-export-controls>.
11. GTAI, ZVEI (2025): *Kritische Rohstoffe der deutschen Elektro- und Digitalindustrie*. URL: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2025/August/Kritische-Rohstoffe-der-Elektro-und-Digitalindustrie-August-2025/GTAI-ZVEI-Rohstoffumfrage-August-2025.pdf.
12. UN Institute for Training and Research, International Telecommunication Union, Fondation Carmignac (2025): *The Global E-Waste Monitor 2024*. URL: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>.
13. UN Institute for Training and Research, WEEE forum (2022): *International E-waste Day: Of ~16 Billion Mobile Phones Possessed Worldwide, ~5.3 Billion will Become Waste in 2022*. URL: https://weee-forum.org/ws_news/of-16-billion-mobile-phones-posessed-worldwide-5-3-billion-will-become-waste-in-2022/.
14. Directive 2012/19/EU on waste electrical and electronic equipment (WEEE) (recast). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/19/oj/eng>.
15. Regulation (EU) 2024/1252 establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials (Critical Raw Materials Act). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj/eng>.
16. Regulation (EU) 2023/1542 concerning batteries and waste batteries (EU Battery Regulation). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng>.
17. Regulation (EC) No 1907/2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1907/oj/eng>.
18. Regulation (EU) 2024/1781 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products (ESPR). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj/eng>.
19. Directive (EU) 2024/1799 on common rules promoting the repair of goods (Right to Repair Directive). URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1799/oj/eng>.
20. French Republic (2020): *Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (AGEC)*. URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041553759/>.
21. European Commission (2025): *The Clean Industrial Deal: A joint roadmap for competitiveness and decarbonisation—announcement of a Circular Economy Act for 2026*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52025DC0085>.
22. European Parliament (2023): *New EU rules encouraging consumers to repair devices over replacing them*. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20231117IPR12211/new-eu-rules-encouraging-consumers-to-repair-devices-over-replacing-them>.
23. ADEME France (2021): *Electrical and electronic equipment sector repair fund (original in French)*. URL: <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/4744-fonds-reparation-de-la-filiere-equipements-electriques-et-electroniques.html>.
24. European Parliament (2019). Briefing: Consumers and repair of products. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/640158/EPRS_BRI\(2019\)640158_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/640158/EPRS_BRI(2019)640158_EN.pdf).
25. BCG (2025): *Aftermarket Services Drive Growth and Higher Margins for Industrial Manufacturers*. URL: <https://www.bcg.com/publications/2025/aftermarket-services-drive-growth-for-industrial-manufacturers>.
26. Johnson et al (2020): *A Preparation for Reuse Trial of Washing Machines in Ireland*. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/3/1175>.
27. Tecchio, Ardente & Mathieux for European Commission (JRC) (2016): *Analysis of material efficiency aspects of washing machines (EUR 28042)*. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC102632/bna28042enn.pdf>.
28. European Commission (2023): *Success Story: How pay-per-use washing machines could clean up the manufacturing industry*. URL: <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/projects/success-stories/all/how-pay-use-washing-machines-could-clean-manufacturing-industry>.
29. Commission Regulation 2023/1670: *Ecodesign requirements for Smartphones and Tablets*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1670/oj/eng>.
30. European Commission (2023): *Circular economy: new recommendations for national authorities to increase the return of used and waste mobile phones, tablets and laptops*. URL: https://environment.ec.europa.eu/news/circular-economy-new-recommendations-national-authorities-increase-return-used-and-waste-mobile-2023-10-06_en.
31. Vodafone Institute (2025): *Refurbished over new: A second chance for smartphones*. URL: <https://www.vodafone-institut.de/wp-content/uploads/2025/09/refurbished-over-new.pdf>.
32. Recommerce Group (2026): *Recommerce® barometer 2026 : The second-Hand mobile Market*. URL: <https://www.recommerce-group.com/en/articles-en/nearly-one-in-five-european-consumers-now-uses-a-second-hand-smartphone>.
33. Okon Recycling / S&P Global (2025): *Current Scrap metals Prices*. URL: <https://www.okonrecycling.com/industrial-scrap-metal-recycling/steel-and-aluminum/waste-metal-prices/>.
34. IEA (2024): *Recycling of Critical Minerals*. URL: <https://www.iea.org/reports/recycling-of-critical-minerals>.
35. Bruno et al (2022): *Analysis of the influence of mobile phones' material composition on the economic profitability of their manual dismantling*. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35151134/>.
36. Repartly (2025): *Repartly Service Check 2025: Online-Befragung von Euronics-Fachhändlern zu Reparaturen von Haushalts- und Elektrogeräten (April/Mai 2025)*. URL: <https://repartly.de/de/c/press/repartly-service-check-2025>.

Autoren



Nora Sophie Griefahn ist Co-Gründerin und geschäftsführende Vorständin von Cradle to Cradle NGO in Berlin.

Tim Janßen ist Co-Gründer und geschäftsführender Vorstand von Cradle to Cradle NGO in Berlin.

Isabel Gomez ist Mitglied der Geschäftsleitung von Cradle to Cradle NGO und leitet die Kommunikation. Kontakt: presse@c2c-electronics.org

Wolter Student ist Mitglied der Geschäftsleitung von Cradle to Cradle NGO und leitet die Bereiche Projekte sowie Strategische Partnerschaften. Kontakt: electronics@c2c.ngo

Dr. Jonas Müller ist Senior Projektmanager bei Cradle to Cradle NGO in Berlin und zuständig für die C2C Electronics Initiative. Kontakt: electronics@c2c.ngo



Alexander Meyer zum Felde ist Partner und Director bei BCG in Hamburg. Er verantwortet weltweit das Geschäft für Circular Economy und Recycling-Themen. Sie erreichen ihn unter Meyer.zum.Felde.Alexander@bcg.com.

Diana Sukailo ist Projektleiterin bei BCG in München. Sie ist Mitglied der globalen Praxisgruppe Climate & Sustainability und fokussiert sich auf Circular-Economy-Themen. Sie erreichen sie unter Sukailo.Diana@bcg.com

Theresa Stemmler ist Beraterin bei BCG in München. Sie ist Mitglied der Praxisgruppe Climate & Sustainability und Co-Autorin der BCG/BDI Studie zum Potenzial der Circular Economy für die deutsche Industrie

