

# ENERGIE & CRADLE TO CRADLE

Zirkuläre Energiesysteme mit positivem Beitrag für Strom, Wärme und Verkehr

## Die Ausgangslage

**Unser Energiesystem kann günstiger, resilienter und unabhängiger werden, wenn es konsequent zirkulär gedacht wird.** Deutschland gibt seit 2008 im Schnitt 81 Milliarden Euro pro Jahr für fossile Energieimporte aus, fast 1.000 Euro pro Kopf. Die gesamten Investitionen in erneuerbare Energien lagen 2023 mit rund 37 Milliarden Euro bei weniger als der Hälfte. Russlands Angriff auf die Ukraine und die aktuelle Eskalation im Nahen Osten zeigen: **Diese Importabhängigkeit wird uns immer wieder einholen – weil sie strukturell ist.**

Dieser Report legt dar, welches wirtschaftliche und standortpolitische Potenzial in kreislauffähiger Energieinfrastruktur steckt und was Politik, Unternehmen und Kommunen tun müssen, damit es gehoben werden kann.

Während sich einzelne Verbände und Unternehmen des Energiesektors bereits mit Materialkreisläufen und zirkulären Produkten befassen, wird die Weiterentwicklung des Sektors in der Breite überwiegend als Frage der Energiequelle verhandelt. Welche Materialien in Windrädern, Solarmodulen, Batterien, Wärmepumpen und Leitungsnetzen stecken, wie sie wiedergewonnen werden und **welche Kosten am Nutzungsende entstehen, bleibt in Planungs- und Fördersystemen weitgehend unsichtbar.** Die Folge: Neue Rohstoffabhängigkeiten entstehen, Entsorgungskosten werden auf die Zukunft verschoben, und eine wesentliche Quelle von Kostenstabilität bleibt ungenutzt.

Dabei zeigt auch eine aktuelle Studie von Boston Consulting Group und dem Bundesverband der Deutschen Industrie, unabhängig vom Projekt: **Wer Energieinfrastruktur konsequent auf Kreislauffähigkeit auslegt, kann die Kosten der Energiewende bis 2045 um 38 Milliarden Euro senken.** Das ist keine politische Agenda. Das ist eine Wirtschaftsrechnung.

81 Mrd. €  
Ø fossile Energieimporte /  
Jahr (2008–2024)

37 Mrd. €  
Investitionen in  
Erneuerbare 2023

38 Mrd. €  
Einsparpotenzial durch  
Kreislaufwirtschaft bis  
2045

Quelle: KfW Research (2025); UBA/AGEE-Stat (2024); BCG/BDI (2026).

# Das Projekt

Cradle to Cradle NGO und die E.ON Foundation haben untersucht, was es braucht, damit Energieinfrastruktur nicht nur CO<sub>2</sub>-arm, sondern auch wirtschaftlich robust, materialgesund und kreislauffähig wird. **In drei Roundtable zu Strom, Wärme und Verkehr diskutierten rund 60 Fachleute konkrete Designkriterien, Geschäftsmodelle und regulatorische Rahmenbedingungen.** Ziel war eine sachkundige Analyse: Wo liegen die Hindernisse? Welche Lösungen existieren bereits? Und welche Rahmenbedingungen müssen sich ändern, damit Lösungen skalieren können?

Cradle to Cradle (C2C) ist ein Designansatz, der Produkte und Systeme von Anfang an ausrichtet auf: **Materialgesundheit** (toxikologisch unbedenkliche Stoffe im Nutzungskontext), **Zirkularität** (Materialien bleiben als Wert in der Biosphäre und/oder Technosphäre erhalten, sie werden immer wieder zu Nährstoffen für etwas Neues) und **positive Wirkung** (Energiesysteme verbessern Luft-, Wasser- und Bodenqualität, statt sie nur weniger zu belasten). Für den Energiesektor heißt das: Anlagen, Netze, Speicher oder Batterien sind nicht nur technische Infrastruktur – sie sind Teil eines Stoff- und Wertschöpfungssystems. Ob daraus Rohstofflager oder Entsorgungsprobleme werden, entscheidet sich im Design, im Geschäftsmodell, im Ordnungsrahmen.

## Was die Diskussionen gezeigt haben

**Die Energiewende ist in ihrer heutigen Ausgestaltung unvollständig, weil Materialien, Geschäftsmodelle und regulatorische Rahmenbedingungen nicht zusammenpassen.**

Die drei sektorspezifischen Diagnosen aus den Fachdiskussionen:

**Strom:** Photovoltaik-Module, Rotorblätter und Batterien werden heute überwiegend ohne klare End-of-Life-Strategie gebaut. Kreislauf- und Recyclingpfade sind für viele Komponenten noch nicht im industriellen Maßstab vorhanden. Das Energierecht erschwert lokale Quartierslösungen durch komplexe Entgelt- und Abgabenregimes. Die Finanzwirtschaft beginnt, Materialrisiken in Kreditbedingungen einzupreisen und Unternehmen ohne Kreislaufstrategie werden künftig mit schlechteren Konditionen rechnen müssen.

**Wärme:** Der Wärmesektor ist für rund die Hälfte des deutschen Endenergieverbrauchs verantwortlich. Gleichzeitig wirkt das geltende Kostenneutralitätsgebot der Wärmelieferverordnung als strukturelle Bremse: Es verhindert, dass erneuerbare Wärmelösungen mit langfristigen Kostenvorteilen gegenüber kurzfristig günstigeren fossilen Alternativen wirtschaftlich bestehen können. Langlebige Infrastrukturen werden durch Förderlogiken benachteiligt, die auf kurzfristige Preisvergleiche ausgerichtet sind.

**Verkehr:** Elektrifizierung reduziert Emissionen im Betrieb, erzeugt aber neue Abhängigkeiten. Batterien binden erhebliche Mengen kritischer Rohstoffe, die überwiegend aus Drittstaaten stammen. Lineares Design und fehlende Standardisierung verhindern heute, dass Batterien nach dem Fahrzeugeinsatz wirtschaftlich in stationären Speichern weitergenutzt oder hochwertig recycelt werden. Gleichzeitig bleibt die Rolle des Verkehrs als aktives Element des Energiesystems – als dezentraler Speicher, Erzeuger und Rohstofflager – regulatorisch nahezu unsichtbar.

# Acht Handlungsempfehlungen

Aus den Ergebnissen der Roundtable hat Cradle to Cradle NGO acht Handlungsempfehlungen erarbeitet. Sie richten sich an Politik, Kommunen, Unternehmen sowie Energie- und Verkehrsakteure. Die Empfehlungen sind nicht als parallele Einzelinitiativen zu verstehen, sondern als systemisch verknüpfte Hebel: Designstandards wirken nur, wenn Geschäftsmodelle folgen. Geschäftsmodelle skalieren nur, wenn Regulierung sie zulässt.

**1. C2C als Designstandard für die Energieinfrastruktur verankern.** Anlagen und Netze von Anfang an als Rohstoffsysteme planen – modular, demontierbar, mit dokumentierten Materialien und klaren Rückführungspfaden.

**2. Geschäftsmodelle auf Nutzung statt Verkauf ausrichten.** Service-Modelle (Photovoltaik und Speicher als Dienstleistung, Wärme-as-a-Service) halten Materialien in der Verantwortung professioneller Anbieter und schaffen Anreize für hohe Materialqualität und Rücknahme.

**3. Regulierung auf Lebenszyklen und Zirkularität ausrichten.** Kreislauffähige Infrastruktur darf gegenüber kurzfristig günstigeren Alternativen nicht systematisch benachteiligt werden. Das Kostenneutralitätsgebot in der Wärmelieferverordnung ist auf eine Gesamtkostenbetrachtung umzustellen.

**4. Systemisch und kommunal planen.** Erzeugung, Speicherung und Verbrauch räumlich koppeln. Lokale Wärme- und Stromquellen (Abwärme aus Rechenzentren, Geothermie, Abwasserwärme, PV auf Verkehrsflächen) systematisch erschließen.

**5. Bildung und Qualifizierung ausbauen.** C2C-Designprinzipien in Aus- und Weiterbildung verankern, gefördert über die Bundesagentur für Arbeit.

**6. Positiv kommunizieren.** Niedrigere Lebenszykluskosten, Rohstoffsicherheit, lokale Wertschöpfung und Preisstabilität sind ebenso Argumente für kreislauffähige Energiesysteme wie CO<sub>2</sub>-Einsparungen und die sinnvolle Nutzung endlicher Ressourcen.

**Zwei Empfehlungen haben sich in allen Roundtable herauskristallisiert.** Sie adressieren denselben Engpass von zwei Seiten: die wirtschaftliche Logik und den politischen Rahmen.

**7. Zirkuläres Batteriedesign standardisieren:** Batterien sind ein zentrales Materialproblem der Energiewende. Sie machen große Teile der Wertschöpfung und Materialmasse von E-Fahrzeugen aus, gleichzeitig wächst der Bedarf an stationären Speichern in Quartieren, Depots und Netzen schnell. Das entscheidende Hindernis für eine wirtschaftlich tragfähige Kreislaufführung ist nicht fehlende Technologie. Es sind fehlendes C2C-Design und fehlende Standardisierung: Jeder Hersteller nutzt eigene Zellformate, was Demontage, Second-Life-Nutzung und hochwertiges Recycling zu teuren Einzellösungen macht.

Eine standardisierte Zelle – marken- und modellübergreifend einsetzbar sowohl in Fahrzeugen als auch in stationären Speichern – könnte dieses Problem strukturell lösen. Sie macht C2C-Design und Design for Disassembly wirtschaftlich attraktiv, weil Reparatur- und Recyclingprozesse nicht für unzählige Varianten ausgelegt werden müssen. Kombiniert mit Batterietauschsystemen könnte sie die Eigentumslogik verschieben: Betreiber halten Zellen im Kreislauf und Nutzende kaufen Mobilität oder Energie, nicht Batterien. Erste Beispiele dafür gibt es auf dem Markt schon. Was konsequent

weitergedacht werden muss: ein Standard, der Kreislaufführung und Materialgesundheit als verbindliche Designkriterien verankert, nicht nur Kompatibilität.

**8. Die Systementwicklungsstrategie um Materialkreisläufe erweitern:** Die Systementwicklungsstrategie (SES) der Bundesregierung koordiniert als übergeordnetes Planungsinstrument die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr. Heute adressiert sie Energieträger und Infrastrukturausbau, nicht aber die Materialien, aus denen diese Infrastruktur besteht. Die Roundtable kamen zum Befund: Die SES ist das Instrument, das die identifizierten Hebel strukturell verankern kann. Konkret bedeutet das:

- **Energieinfrastruktur als Rohstofflager planen:** Photovoltaik-Module, Speicher, Netze und Fahrzeuge binden erhebliche Rohstoffmengen. Wer sie kreislauffähig plant, senkt zukünftige Beschaffungskosten und reduziert Importabhängigkeiten. Beide Ziele verfolgt die SES bereits bei Energieträgern, bei Materialien aber nicht.
- **Rohstoffresilienz neben Energieversorgungssicherheit stellen:** Kreislaufführung ist strukturelle Risikovorsorge und sollte als solche in der SES verankert sein.
- **Lebenszykluskosten zum Planungsmaßstab machen:** Infrastruktur, die am Ende entsorgt werden muss, ist teurer als kreislauffähige Infrastruktur mit konstantem Materialwert.
- **Digitale Produktpässe als Planungsgrundlage einsetzen:** Materialinventare der Energieinfrastruktur sind die Voraussetzung dafür, dass Rohstoffe nach der Nutzung wirtschaftlich im Kreislauf geführt werden können.

## Fazit

Die Frage ist nicht, ob Zirkularität in der Energiewende eine Rolle spielt. Die Frage ist, **wer die wirtschaftlichen Vorteile realisiert und wer die Folgekosten trägt**, die entstehen, wenn heute Infrastruktur ohne End-of-Life-Strategie gebaut wird. Deutschland und Europa haben die Chance, Energiesysteme so aufzubauen, dass sie Rohstoffsicherheit schaffen, Importabhängigkeiten reduzieren, Preisstabilität stärken und lokale Wertschöpfung ermöglichen.

Die Praxisbeispiele in diesem Report – von kreislauffähigen Masten über Abwärme bis zur standardisierten Batteriezelle – zeigen: Das erfordert keine neuen Ideen. Es erfordert, die richtigen Designprinzipien, Geschäftsmodelle und regulatorischen Rahmenbedingungen jetzt zu setzen, bevor die nächste große Investitionswelle in Infrastruktur fließt, die in 30 Jahren teuer entsorgt werden muss. Daran zu arbeiten ist die gemeinsame Aufgabe von Politik, Wirtschaft, Kommunen und Zivilgesellschaft.

Dieser Report steht hier als Vollversion zur Verfügung:



[c2c.ngo/cradle-to-cradle-und-energie](https://c2c.ngo/cradle-to-cradle-und-energie)

Kontakt:

Cradle to Cradle NGO  
Landsberger Allee 99c  
10407 Berlin  
[politik@c2c.ngo](mailto:politik@c2c.ngo)