

Digitale Kreislaufwirtschaft

Die Digitale Transformation als Wegbereiter ressourcenschonender Stoffkreisläufe

Dr. Henning Wilts, Geschäftsfeldleiter | Dr. Holger Berg, Projektleiter
Wuppertal Institut, Geschäftsfeld Kreislaufwirtschaft

Hintergrund

Deutschland verfügt über eines der weltweit führenden Systeme im Bereich der Abfallwirtschaft – vorrangiges Ziel ist es, Abfall sicher und umweltschonend zu entsorgen. Allerdings kommen nur ca. 14 Prozent der in der Industrie eingesetzten Rohstoffe aus dem Recycling, der Rest sind noch immer Primärmaterialien.¹ Kreislaufwirtschaft findet noch nicht ausreichend statt: Rezyklate, aus Abfällen gewonnene Sekundärrohstoffe, werden noch weit unterhalb der möglichen Mengen in Produktions- und Nutzungsprozesse zurückführt. Werteverlust, Abhängigkeit von volatilen Rohstoffmärkten, geringere Ressourcenproduktivität und Externalitäten in Form von Umweltverschmutzung ließen sich damit vermeiden. Eine Digitalisierungsoffensive in Industrie und Abfallwirtschaft könnte dies bewirken. Eine Studie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) verweist darauf, dass kein Umweltleitmarkt so stark von der Digitalisierung profitieren könnte wie die Kreislaufwirtschaft – und dass gleichzeitig kein Sektor bisher so schlecht aufgestellt ist.²



1. Kreislaufwirtschaft als Lösungsweg zu mehr Ressourcenschonung

Aktuell steht die Transformation globaler Produktions- und Konsummuster hin zu einer Kreislaufwirtschaft hoch auf der politischen Agenda. So hat beispielsweise die Europäische Kommission einen Aktionsplan Kreislaufwirtschaft vorgelegt³ und auch die Sustainable Development Goals (SDGs) führen kreislaufwirtschaftliche Prinzipien unter dem SDG 12 „Ensure sustainable consumption and production patterns“ prominent auf.⁴

Die Grundidee der Kreislaufwirtschaft ist es, den Wert von Produkten und Komponenten am Ende ihrer Nutzungsphase möglichst optimal zu erhalten. Voraussetzung dafür ist ein integrierter Ansatz, der beispielsweise die Kreislauffähigkeit von Produkten bereits in der Designphase berücksichtigt, den Nutzungsprozess verlängert und in der Nachnutzung für eine weitgehende Wiederverwertung sorgt.

Gezeigt wird dies in **Abb. 1**: Hier wird dargestellt, wie Produkte durch Anwendung verschiedener Instrumente wie Wiederverwendung und Wiederaufbereitung im Produktions- und Nutzungskreislauf geführt werden.

Das Konzept der Kreislaufwirtschaft

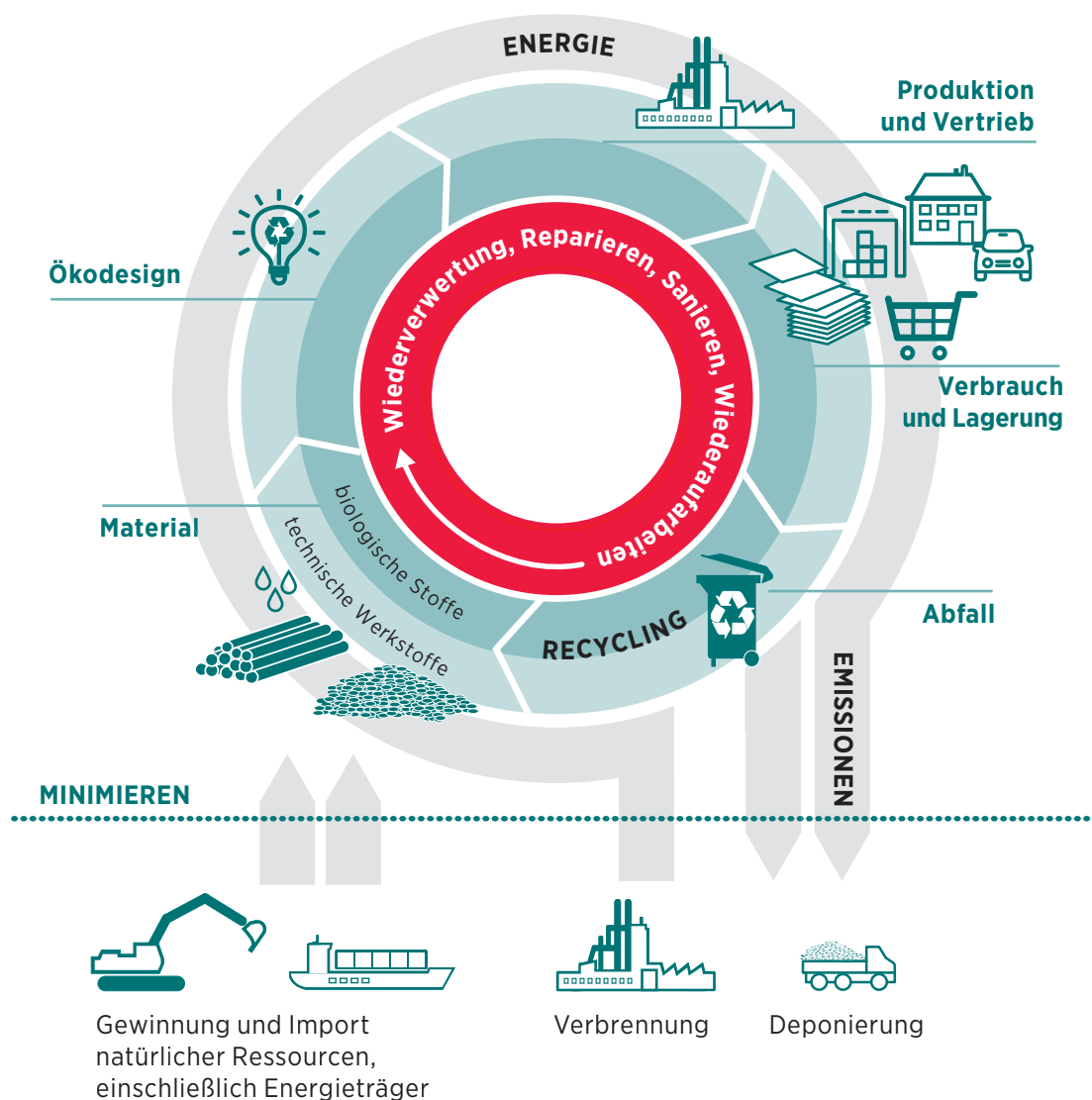


Abb. 1: Das Konzept der Kreislaufwirtschaft | **Quelle:** nach Darstellung EEA 2015

Die damit verbundenen Hoffnungen sind hoch:

- Die Kreislaufwirtschaft soll zu einer deutlich effizienteren Nutzung natürlicher Ressourcen führen und durch den verringerten Materialbedarf auch einen wesentlichen Beitrag zu einer CO₂-armen Wirtschaft leisten.
- Sie soll gleichzeitig aber auch die Wettbewerbsfähigkeit des jeweiligen Wirtschaftsraums sichern, indem z. B. Versorgungsrisiken für die Industrie reduziert oder innovative Geschäftsmodelle beispielsweise im Bereich Sharing oder Leasing entwickelt werden.
- Zusätzlich soll die Kreislaufwirtschaft auch zum Jobmotor werden und neue Beschäftigungsmöglichkeiten schaffen.

Die Europäische Kommission hofft bei Umsetzung ihres Aktionsplans auf 580.000 neue Jobs, eine Reduktion der Treibhausgabe um 450 Millionen Tonnen bis zum Jahr 2030 und Kosteneinsparungen von 600 Millionen Euro für europäische Unternehmen, was etwa 8% ihres jährlichen Umsatzes entsprechen würde und neue, dauerhafte Wettbewerbsvorteile für Europa zu schaffen.⁵

Ein 2017 erstmals vorgelegter Fortschrittsbericht zur Umsetzung des Kreislaufwirtschaftspakets verschweigt nicht die Herausforderungen einer solchen Transformation; so konnte man sich bis heute noch auf keine Indikatoren, mit denen die Kreislauffähigkeit der europäischen Wirtschaft gemessen werden könnte. Er betont aber erneut die ökologischen und ökonomischen Potenziale, die über ein umfassend Ökodesign, grüne öffentliche Beschaffung oder verbesserte Finanzierungsbedingungen für die Kreislaufwirtschaft erzielt werden könnten.⁶

¹ Institut der deutschen Wirtschaft Köln, Studie im Auftrag des BDE, 2010.

² BMUB 2016: Digitalisierung der GreenTech-Branche lohnt sich. Pressemitteilung Nr. 297/16, Berlin.

³ Europäische Kommission 2015: Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. COM(2015) 614 final, Brüssel.

⁴ UN SDG 12: Ensure sustainable consumption and production patterns.

⁵ Europäische Kommission (2015): Ein ambitioniertes EU Kreislaufwirtschafts-Paket. Factsheets zur Kreislaufwirtschaft. Brüssel.

⁶ Europäische Kommission (2017): Umsetzungsbericht zum Aktionsplan Kreislaufwirtschaft. COM(2017) 33 final, Brüssel.

2. Die Einführung der Kreislaufwirtschaft ist vor allem ein Informationsproblem

Angesichts dieser Potenziale stellt sich die Frage, wieso wir in der Realität noch so weit von geschlossenen Kreisläufen entfernt sind. Ein zentraler Punkt zur effektiven Gestaltung von Kreislaufwirtschaft ist die Feststellung, dass dies bis dato vor allem an Informationsproblemen scheitert: Schon 1970 hat der Wirtschaftsnobelpreisträger George Akerlof darauf hingewiesen, dass weniger Gebrauchtwagen gehandelt werden als eigentlich möglich wäre. Dies liegt daran, dass die potenziellen Käuferinnen und Käufer nicht wissen, ob das Auto noch ein paar Jahre halten wird oder nur noch zur Verschrottung taugt. Fehlerhafte Autos, die dennoch verkauft werden, werden im Amerikanischen als „Lemons“ bezeichnet, man spricht daher auch von „Markets for Lemons“. Wären die Kunden jedoch mit hinreichender Sicherheit über die Qualität eines Autos informiert, wären die Anreize zum Kauf deutlich größer und die Nutzung einmal bestehender Produkte gleichzeitig intensiver. Weitere Studien haben dies vertieft und eine dezidierte Diagnose entwickelt. Demnach lassen sich die Informationsdefizite in vier Bereiche zusammenfassen:⁷

- **1. Unterentwickelte Informationsverfügbarkeit:**
 - a. Die Qualität von Rezyklaten ist oft unklar. Es fehlen Angaben wie z. B. zu Reinheit, Art und Menge von Beimischungen usf., die für eine Wiederverwendung entscheidend sind.
 - b. Die Mengenverfügbarkeit von Rezyklaten auf dem Markt ist nicht transparent; Skaleneffekte werden daher nicht erzielt und Rezyklate werden unnötig teuer.
 - c. Es entstehen „lemon markets“, so dass hochwertiges Rezyklat nicht direkt in den Markt gelangt oder nicht den bestmöglichen Einsatz erfährt.
- **2. Erhöhte Transaktions- und Suchkosten.**
 - a. Die unklaren Informationen über die Qualität von Sekundärmaterial erhöht den Aufwand für Nutzerinnen und Nutzer, diese zu finden und einzusetzen.
 - b. Solch fehlende Informationen erschweren die Preisfindung und erhöhen den Aufwand für Vertragsabschlüsse und Garantien.
- **3. Die Wahrnehmung durch potenzielle Kunden ist verzerrt:**
 - a. Sekundärmaterial wird generell als geringwertiger wahrgenommen.
 - b. Es fehlt Wissen über die generelle Einsetzbarkeit von Sekundärmaterial.
 - c. Externalitäten (bspw. Luft- und Umweltverschmutzung) in den Primärmärkten werden auch mangels Information nicht eingepreist und sorgen für ungerechtfertigte Preisvorteile für Primärmaterial.
- **4. Technologische Probleme:**
 - a. Rezyklierbarkeit wird nicht als Wettbewerbsvorteil wahrgenommen.
 - b. Ungünstiges Design erhöht die Recyclingskosten.

Diese Probleme machen es für Unternehmen häufig noch sinnvoll, auf Primärmaterialien zu setzen, anstatt auf recycelte Rohstoffe – obwohl diese eigentlich billiger sein könnten. Hintergrund sind die unzureichenden Informationen – denn wo und wann Abfälle anfallen, die als Sekundärrohstoff eingesetzt werden könnten, ist deutlich ungewisser als bei Primärmaterialien beispielsweise aus dem Bergbau. Ferner hängt der Wert von Abfällen in hohem Maße davon ab, was über die Zusammensetzung dieser Abfälle bekannt ist: Was sind teuer zu entsorgende gefährliche Abfälle, was kann sinnvoll recycelt werden? Eine bessere Informationslage könnte diesen Problemen Abhilfe schaffen.

⁷ OECD (2005): Improving Recycling Markets. Working Group on Waste Prevention and Recycling. Paris.

3. Die Digitale Transformation bietet sich als idealer Wegbereiter einer Kreislaufwirtschaft an

Der Übergang zur Kreislaufwirtschaft wird es zwingend erfordern, Stoffflüsse und Informationsflüsse stärker zu koordinieren, um den genannten Problemen zu begegnen. Informationen über Mengen und insbesondere Qualitäten von Produkten und den in ihnen enthaltenen Rohstoffen müssen erhoben werden und erhalten bleiben. Sie müssen ebenso im Kreislauf mitgeführt werden, damit Abfall zu einer verarbeitbaren Ressource wird. Eine Schlüsselherausforderung ist dabei die Masse der Informationen über die stoffliche Zusammensetzung jedes einzelnen Produkts, seine Nutzungsmuster, seinen Verbleib im Abfallsystem etc. effektiv zu erzeugen, zu sammeln, zu verarbeiten und wieder zur Verfügung zu stellen. All dies ist notwendig, um im nächsten Schritt funktionierende Märkte und Kreisläufe zu etablieren. So werden effiziente, markbasierte Lösungen anstatt reiner Regulation möglich.

Viele dieser Informationsdefizite waren bisher nicht zu lösen. Die Digitale Transformation könnte nun aber durch ihre Ansätze genau diese Lösung liefern, denn sie ist in vielerlei Hinsicht vor allem eine Informationsrevolution. Sie könnte so den „Missing Link“ zur Umsetzung der Kreislaufwirtschaft darstellen.

Überlegungen, wie dies geschehen könnte, werden hier beispielhaft erläutert:

- **Cyber Physical Systems** führen dazu, dass Produkte Informationen mindestens durch den gesamten Produktionsprozess tragen. Diese Informationen müssen sich für die Kreislaufwirtschaft über den gesamte Lebenszyklus erstrecken und auch umweltrelevante Informationen wie Materialzusammensetzung oder auch „Footprints“ beinhalten. So werden Informationsasymmetrien sinnvoll reduziert.
- **Sensing** erlaubt in der Industrie 4.0 Datensammlung und -erzeugung in Echtzeit. Der genaue Ort des Anfalls von Abfällen, seine exakte stoffliche Zusammensetzung usw. können ort- und zeitgenau festgehalten („Fast Data“) und an andere Unternehmen weitergegeben werden, die daraufhin ihre Produktionsprozesse planen. Data Analytics-Anwendungen („Big Data“) können dann Aufschluss über weitere Verwendung, sinnvolle Logistikkösungen etc. liefern und projizieren.
- Das Matching von Angebot und Nachfrage nach Abfällen bzw. Sekundärrohstoffen kann durch internetbasierte Lösungen revolutioniert werden, wie sie heute bereits in der Distribution von Produkten eingesetzt werden. Eine zukünftige **automatisierte Markt- und Logistikplattform** (sozusagen als „Uber für Abfall“) kann Such- und Transaktionskosten reduzieren; außerdem können Skaleneffekte leichter erzielt werden, da mehr Klarheit über Materialmengen besteht.
- In einem derart intelligenten Gesamtsystem wäre es sogar denkbar, dass sich wiederzuverwertende Produkte ihre Märkte über das **Internet of Things** automatisch „selbst“ erzeugen, indem sie sich aufgrund der Informationen über Zusammensetzung und Einsatzmöglichkeit auf solchen Plattformen selbst vermarkten. Rezyklate sind zum Teil heute schon preiswerter als Primärmaterial, dies könnte so noch gesteigert werden. Rezyklierbarkeit wird dann auch zum technischen Wettbewerbsvorteil.
- **Block Chain**-Anwendungen, auf denen heute bereits z. B. die virtuelle Währung Bitcoin basiert, könnten Informationen anonymisiert und verschlüsselt weitergeben, ohne dass die Konkurrenz Rückschlüsse auf eigene Produktionstechnologien ziehen kann.

Die hier skizzierten Lösungen und auch andere Ansätze werden bisher jedoch noch nicht ausreichend zur Realisierung einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt. Wie dies gefördert werden könnte, erläutert der folgende Abschnitt.

4. Welche Maßnahmen sind notwendig, um mit Mitteln der Digitalen Transformation Kreislaufwirtschaft zu realisieren?

Erfolgversprechende Lösungsansätze zur Realisierung werden deutlich über reine Entsorgungslösungen hinausgehen müssen, viel früher im Produktionsprozess ansetzen und z. B. stärker als bisher auch Konsumententscheidungen einbeziehen. Ziel muss es sein, Abfälle möglichst weitgehend zu vermeiden und eine ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen. Dazu arbeitet das Wuppertal Institut an einer „**Circular Economy Literacy**“: Wie können solche umfassenden Veränderungsprozesse ermöglicht, evaluiert und in die richtigen Bahnen gelenkt werden? Einen Schwerpunkt dabei bildet die Unterstützung der öffentlichen Hand, einen politischen Rahmen für diese Entwicklungen zu setzen. Dieser muss die verschiedenen Akteure zusammenbringen und eine strategische Zielvorstellung für eine digitalisierte Kreislaufwirtschaft in NRW, Deutschland und Europa vorgeben: Alle wollen Digitalisierung, alle wollen Kreislaufwirtschaft – aber was ist die gemeinsame Vision und wie kommen wir dahin? Vier Punkte werden dabei von besonderer Bedeutung sein:

- **Brücken bauen: Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft zusammenbringen**
Nordrhein-Westfalen, aber auch andere Bundesländer, haben die Bedeutung der Themen Digitalisierung und Kreislaufwirtschaft längst erkannt und vielfältige Initiativen gestartet. Gleichzeitig fehlen die Plattformen, diese beiden Themen systematisch zu verknüpfen. *Ein Kompetenzzentrum Digitalisierte Kreislaufwirtschaft* würde die Chance bieten, Digitalisierungsansätze und Herausforderungen der Kreislaufwirtschaft zusammenzubringen und Beratungsangebote für innovative Geschäftsmodelle zu entwickeln.
- **Lücken schließen: Unterstützung speziell für KMU**
Vergleicht man die Unternehmensstruktur der Kreislaufwirtschaft mit der klassischen „linearen Wirtschaft“, so zeigt sich ein deutlich höherer Anteil kleiner- und mittelständischer Unternehmen (KMUs), für welche die Digitalisierung eine besondere Herausforderung bilden wird: Hohe Investitionserfordernisse und damit hohe Risiken trotz signifikanter Erfolgsaussichten, eine Vielzahl noch ungeklärter Rechtsfragen (bspw. Data und IP-Schutz), oftmals auch einfach fehlende Kapazitäten, sich mit diesen Fragestellungen intensiv beschäftigen zu können – speziell KMU werden besondere Unterstützung benötigen.
- **Orientierung bieten: Wo macht die digitale Kreislaufwirtschaft Fortschritt?**
Um den richtigen Rahmen für einen solchen Transformationsprozess setzen zu können, werden zwingend Informationen benötigt, wo relevante Potenziale für eine Digitale Transformation zur Schließung von Stoffkreisläufen und entsprechende kreislaufwirtschaftsbasierte Geschäftsmodelle zu lokalisieren sind. „Digital readiness“-Indikatoren auf Basis der Analyse von Technikrends und Status Quo-Analysen z. B. für einzelne Werkstoffe oder für Zielgruppen wie KMU könnten hier wichtige Orientierungspunkte für Politik und Wirtschaft bieten.
- **Big Picture: Wo macht die digitale Kreislaufwirtschaft tatsächlich Sinn?**
Gleichzeitig sollten Kreisläufe auch nur dort geschlossen werden, wo sie zur Ressourcenschonung beitragen: Mit den bestehenden, „linear“ gedachten Produkten ist z. B. ein stoffliches Recycling nicht immer ökologisch sinnvoll. Der Einsatz von zusätzlichen *Informations- und Kommunikationstechnologien* könnte hier nur zu zusätzlicher Verlusten kritischer Rohstoffe wie Tantal oder Indium führen, für die bisher keine ausreichenden Recyclingtechnologien zur Verfügung stehen. Auch hierzu wird es übergreifender Analysen zur Bewertung von Digitalisierungsprozessen erfordern.

5. Fazit

Die Realisierung der Kreislaufwirtschaft wird eine **Vernetzung der Industrie, der Abfallwirtschaft und der Unternehmen** erfordern, die Software und Technologien für die Digitale Transformation entwickeln, um ein funktionierendes Wertschöpfungsnetz aufzubauen. Kreislaulösungen können daher am wirtschaftlichsten gleich bei dieser Implementierung mitberücksichtigt werden. Das window of opportunity dafür ist *jetzt!* Die Umstellung auf Industrie 4.0, das Internet of Things und ähnliche Entwicklungen finden bereits heute statt. Jede verspätete oder spätere Einführung würde hingegen deutliche Zusatzkosten und ebenfalls teure Systemanpassungen benötigen. Noch verfügt Deutschland über eine internationale Spitzenposition beim Export von Kreislaufwirtschaftstechnologien – dieser Vorsprung ist jedoch drastisch bedroht, wenn Deutschland nicht bald beginnt, massiv in die Digitalisierung seiner Kreislaufwirtschaft zu investieren.

Vertiefende Quellen aus der Arbeit des Wuppertal Instituts

- *Wilts, Henning (2017): Die Ressourcen zirkulieren lassen. In: FactoryY, January 2017, S. 9-14.*
- *Wilts, Henning; van Barneveld, Joost; van der Veen, Geert; Eckartz, Katharina; Ostertag, Katrin; Gama, Margarida; Scheidt, Lutz (2017): Regulatorische Hemmnisse für die Kreislaufwirtschaft. In: Müll und Abfall, April 2017 (04/2017), S. 156-162.*
- *EEA (2017): Circular by design. Products in the circular economy. Copenhagen.*
- *Wilts, Henning (2017): Waste Prevention: A survey of policies and programmes across the OECD. ENV/EPOC/WPRPW(2015)13/FINAL. OECD. Paris.*
- *Wilts, Henning (2016): Germany on the road to a circular economy? WISO Diskurs. Bonn.*
- *Wilts, Henning; von Gries, Nadja; Bahn-Walkowiak, Bettina (2016): From Waste Management to Resource Efficiency – The Need for Policy Mixes. In: Sustainability 2016, 01.07.2016 (8).*
- *Berg, Holger; Bienge, Katrin (2015): Ressourcenbezogene Key Performance Indikatoren. Kurzanalyse im Projekt Ressourcenpolitik.*
- *Berg, Holger; Kränke, Lisa (2014): RessourcenKooperation – Ressourceneffizienz in der Wertschöpfungskette durch Unternehmenskooperation. <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/419>.*

Dieses Werk steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung – nicht-kommerziell – keine Bearbeitung 4.0 International | <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Christin Hasken
Leitung Kommunikation
Döppersberg 19
42103 Wuppertal · Deutschland
Tel +49 202 2492-187 · Fax -108
pr@wupperinst.org

Büro Berlin
im ProjektZentrum Berlin der Stiftung Mercator
Neue Promenade 6
10178 Berlin · Deutschland
Tel +49 30 28 87 458-10 · Fax -40
buero.berlin@wupperinst.org

wupperinst.org