

**Dominik Piétron, Florian Hofmann,  
Melanie Jaeger-Erben**

## Die digitale Circular Economy

Zirkuläre Daten-Governance für  
eine Ressourcennutzung von der  
Wiege zur Wiege



CRADLE TO CRADLE  
NGO

FRIEDRICH  
EBERT   
STIFTUNG

## **FES diskurs**

August 2023

---

### **Die Friedrich-Ebert-Stiftung**

Die Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) wurde 1925 gegründet und ist die traditionsreichste politische Stiftung Deutschlands. Dem Vermächtnis ihres Namensgebers ist sie bis heute verpflichtet und setzt sich für die Grundwerte der Sozialen Demokratie ein: Freiheit, Gerechtigkeit und Solidarität. Ideell ist sie der Sozialdemokratie und den freien Gewerkschaften verbunden.

Die FES fördert die Soziale Demokratie vor allem durch:

- politische Bildungsarbeit zur Stärkung der Zivilgesellschaft;
- Politikberatung;
- internationale Zusammenarbeit mit Auslandsbüros in über 100 Ländern;
- Begabtenförderung;
- das kollektive Gedächtnis der Sozialen Demokratie mit u. a. Archiv und Bibliothek.

### **Die Abteilung Analyse, Planung und Beratung der Friedrich-Ebert-Stiftung**

Die Abteilung Analyse, Planung und Beratung der Friedrich-Ebert-Stiftung versteht sich als Zukunftsradar und Ideenschmiede der Sozialen Demokratie. Sie verknüpft Analyse und Diskussion. Die Abteilung bringt Expertise aus Wissenschaft, Zivilgesellschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Politik zusammen. Ihr Ziel ist es, politische und gewerkschaftliche Entscheidungsträger\_innen zu aktuellen und zukünftigen Herausforderungen zu beraten und progressive Impulse in die gesellschaftspolitische Debatte einzubringen.

### **FES diskurs**

FES diskurse sind umfangreiche Analysen zu gesellschaftspolitischen Fragestellungen. Auf Grundlage von empirischen Erkenntnissen sprechen sie wissenschaftlich fundierte Handlungsempfehlungen für die Politik aus.

### **Über die Autor\_innen**

Dominik Piétron ist Forschungsmitarbeiter beim Fachbereich für Sozialwissenschaften der Humboldt-Universität Berlin. Er arbeitet zur politischen Ökonomie des digitalen Kapitalismus mit besonderem Schwerpunkt auf Daten und Infrastruktur.

Dr. Florian Hofmann arbeitet an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg als Forscher, Dozent und Berater mit Schwerpunkten auf Circular Economy und dem Übergang zu zukunftsfähigen Ökonomien.

Prof. Dr. Melanie Jaeger-Erben leitet das Fachgebiet Technik- und Umweltsoziologie an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg und ist Gastprofessorin für Circular Society an der Universität Aalborg/Dänemark. Sie arbeitet zur Rolle sozialer Innovation und gesellschaftlicher Transformation im Kontext (nicht)nachhaltiger Produktions- und Konsumsysteme.

### **Für diese Publikation sind in der FES verantwortlich**

Stefanie Moser, Referentin für Digitalisierung, Abteilung Analyse, Planung und Beratung.  
Max Ostermayer, Referent für Klima, Energie, Umwelt, Abteilung Analyse, Planung und Beratung.

**Dominik Piétron, Florian Hofmann, Melanie Jaeger-Erben**

# Die digitale Circular Economy

Zirkuläre Daten-Governance für eine Ressourcennutzung  
von der Wiege zur Wiege

Begleitstudie zur Fachgesprächsreihe „Digitalisierung und zirkuläre  
Wertschöpfung“ im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung und der  
Cradle to Cradle NGO

## INHALT

<b>4</b>	<b>VORWORT</b>
<b>5</b>	<b>GLOSSAR</b>
<b>6</b>	<b>EINLEITUNG</b>
<b>9</b>	<b>WAS IST ZIRKULÄRE DATEN-GOVERNANCE?</b>
<b>13</b>	<b>ERGEBNISSE DER FACHGESPRÄCHE</b>
<b>20</b>	<b>EVALUATION UND POLITISCHER KONTEXT</b>
<b>25</b>	<b>POLITISCHE HANDLUNGSEMPFEHLUNG</b>
<b>28</b>	<b>FAZIT</b>
<b>29</b>	Abbildungsverzeichnis
<b>29</b>	Literaturverzeichnis

# VORWORT

Die Hälfte aller Treibhausgasemissionen und 90 Prozent des Verlusts an Biodiversität gehen darauf zurück, wie in unserer Wirtschaft Ressourcen gewonnen und verarbeitet werden. Die lineare Wirtschaft, in der Ressourcen von der Fabrik zielsicher auf die Müllhalde wandern, ist eine Sackgasse. In Zukunft schlichtweg weniger Müll zu produzieren und etwas mehr zu recyceln, wird nicht die erforderliche Wende bringen. Um Klimawandel und Ressourcenknappheit langfristig zu adressieren, bedarf es einer umfassenden Kreislaufwirtschaft nach dem Cradle-to-Cradle-Prinzip, in der Produkte, Produktion und Geschäftsmodelle von Beginn an so gestaltet werden, dass Materialien und Ressourcen quasi endlos im Kreis zirkulieren können.

Die Digitalisierung ist ein wichtiger und mächtiger Hebel, um diese Transformation in Gang zu setzen. Um zirkuläre Wertschöpfung zu ermöglichen, bedarf es eines komplexen Managements von Material- und Stoffströmen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts. Der Schlüssel dazu sind Daten. Je mehr Informationen über die Zusammensetzung, Verwendung sowie Umwelt- und Gesundheitseffekte von Produkten digital erfasst, geteilt, analysiert und verarbeitet werden, desto leichter lassen sich Rohstoffe und Produkte im Kreis führen bzw. zirkuläre Geschäftsmodelle und Ökosysteme skalieren.

Die vorliegende Studie ist das Ergebnis des Projekts „Digitalisierung und zirkuläre Wertschöpfung“, das die Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) und die Cradle-to-Cradle NGO gemeinsam durchgeführt haben. Im Rahmen von fünf Veranstaltungen wurde am Beispiel unterschiedlicher Branchen und Phasen des Produktlebenszyklus analysiert, wie die Potenziale der Digitalisierung für eine umfassende zirkuläre Wertschöpfung in Deutschland und Europa gehoben werden können. Ziel war es, einerseits zu verstehen, welche Rolle Daten und digitale Infrastrukturen in unterschiedlichen zirkulären Ökosystemen spielen oder potenziell spielen können, als auch zu diskutieren, welche konkreten Instrumente den Aufbau beziehungsweise die Skalierung einer zirkulären Wertschöpfung im jeweiligen Bereich fördern.

Auf Grundlage der konkreten Use-Cases aus den unterschiedlichen Branchen analysieren die Autor\_innen Chancen und Hürden einer datengestützten Circular Economy. Als zentralen Erfolgsfaktor identifizieren sie die Offenlegung und das Teilen von Produktinformationen über Unternehmensgrenzen hinweg. Beides ist Grundlage für neue zirkuläre Ökosysteme und Geschäftsmodelle entlang des gesamten Produktlebenszyklus. Das Schlüsselinstrument auf Umsetzungsebene ist das europäische Projekt des digitalen Produktpasses (DPP) mit seinen umfassenden Transparenzpflichten für Unternehmen. Damit der DPP sein Potenzial entfalten kann, braucht es allerdings verbindliche, am Ziel der Zirkularität ausgerichtete Regeln dafür, welche

Daten von wem erhoben und mit wem geteilt werden müssen und welche Standards hierbei zu berücksichtigen sind – kurz: eine zirkuläre Daten-Governance.

Bei deren Ausgestaltung muss die Politik für Interoperabilität der sektor- bzw. produktspezifischen DPPs sorgen. Denn gerade in der sektorübergreifenden Kooperation liegt großes Potenzial für zirkuläre Wertschöpfung, etwa wenn aus E-Autos ausgemusterte Autobatterien ein zweites Leben als stationäre Energiespeicher erhalten. Zum anderen muss die Politik den DPP als ein Instrument der Marktgestaltung verstehen und nutzen. Das Beispiel der Plattformökonomie hat gezeigt, wie bedeutend der Zugang zu Daten ist, wenn es um neue Produkte, Geschäftsmodelle und Märkte geht. Aber auch, dass es auf diesen Märkten zu Daten-Silos und Fehlentwicklungen kommen kann, wenn die Daten-Governance dem Markt überlassen wird. Wenn Europa die Macht der Daten nutzen will, um eine Circular Economy zu gestalten, muss es die Lehren aus diesen Erfahrungen ziehen und darauf achten, dass Standards und Regeln zum Teilen der Daten sowie die damit verbundenen digitalen Schnittstellen und Infrastrukturen so gestaltet werden, dass faire und gute Märkte entstehen.

Das bedeutet nicht, dass die Politik die Regeln und Spezifikationen im Alleingang vornimmt. Aber sie muss inhaltliche und technische Mindeststandards festlegen und darauf achten, dass die Interessen aller Stakeholder\_innen einer Kreislaufwirtschaft Beachtung finden, vom Konzern bis zur kleinen Reparaturwerkstatt, vom Start-up bis zum Traditionsmitelständler. Vor allem muss die Politik dafür sorgen, dass auch zivilgesellschaftliche Akteur\_innen, wie Umwelt- und Verbraucherschutzverbände, Zertifizierer oder auch Akteur\_innen aus der Open-Data- und Open-Source-Bewegung, sprich: Gemeinwohlinteressen, einen festen Platz in diesen Prozessen haben. Denn – und auch das sollte sich die Politik bewusst machen – der Umstand, dass der digitale Produktpass ein mächtiger Hebel für Transformation sein kann, impliziert auch, dass viele Partikularinteressen und potenziell auch Widerstände mit diesem Projekt verbunden sein werden.

Zwar wird eine durchgehend zirkuläre Wertschöpfung erst dann möglich, wenn Produkte ausschließlich Materialien enthalten, die endlos in biologischen oder technischen Kreisläufen zirkulieren können und für das jeweilige Nutzungsszenario eines Produkts geeignet sind. Schon heute kann der DPP dafür in unterschiedlichen Branchen und Lebenszyklusphasen eines Produkts aber die notwendigen Voraussetzungen schaffen.

Nicht nur Europa, auch die nationale Politik muss sich des Potenzials bewusst werden, das im Erfassen, Standardisieren und Teilen von Produktdaten für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Wirtschaft liegt, und sich dieses Po-

tenzial im Sinne einer umfassenden Kreislaufwirtschaft erschließen. Die Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie, deren Erarbeitung bereits begonnen hat und die in dieser Legislatur verabschiedet werden soll, bietet hierzu einen guten Rahmen. Es gilt nun, ihn zu nutzen.

Digital- und Kreislaufwirtschaftspolitik dürfen nicht weiter in Silos gedacht werden. Der Schlüssel dazu liegt auch in einer stärkeren Vernetzung der Digital- und Kreis-

laufwirtschafts-Communitys. Wir hoffen, dass wir mit unserem Projekt und dieser Studie dazu einen Beitrag leisten konnten.

*Nora Sophie Griefahn, C2C NGO*

*Tim Janßen, C2C NGO*

*Stefanie M. Moser, FES*

*Max Ostermayer, FES*

## GLOSSAR

**Circular Economy:** Die Circular Economy ist ein Wirtschaftsmodell, das sich auf die Wiederverwendung und das Recycling natürlicher Ressourcen konzentriert, um Abfall zu minimieren, die Lebensdauer von Produkten zu verlängern und die Wertschöpfung aus Materialien zu maximieren.

**Cradle to Cradle:** (engl. „von Wiege zu Wiege“, sinngemäß „vom Ursprung zum Ursprung“; abgekürzt auch C2C). Das Konzept wurde in den 1990er Jahren vom deutschen Chemiker Michael Braungart und dem US-Architekten William McDonough erarbeitet. Es ist ein holistischer Ansatz für eine Kreislaufwirtschaft, die beim Design von Produkten beginnt und Klima- und Ressourcenprobleme zusammen adressiert. Die C2C-Denkschule sieht den Menschen als potenziellen Nützlichling, der mit seinem Handeln einen positiven Beitrag für Ökologie, Ökonomie und Soziales leisten kann, statt lediglich seine Schäden zu minimieren. Das C2C-Designkonzept beschreibt, wie Produkte und Prozesse gestaltet werden müssen, um dieses Ziel zu erreichen. Entscheidend ist dabei, für welches konkrete Nutzungsszenario ein Produkt vorgesehen ist. Auf dieser Basis können gesunde und geeignete Materialien ausgewählt werden, die kontinuierlich in biologischen und technischen Kreisläufen zirkulieren.

**Daten-Governance:** Praktiken und Entscheidungsverfahren, in denen Rechte und Pflichten für den Umgang mit Daten definiert werden, sowie die Ausübung dieser Regeln bei der Erhebung, Speicherung, Verarbeitung und gemeinsamen Nutzung von Daten innerhalb und zwischen Organisationen.

**Materialqualitäten:** Im C2C-Designkonzept werden für Produkte nur Materialien verwendet, die im jeweiligen Nutzungsszenario des Produkts unschädlich sind oder, im Idealfall, einen Mehrwert für Mensch und Umwelt generieren. Die Einteilung in ABCX-Materialien, wie beispielsweise bei der C2C-Zertifizierung des Products Innovation Institute, hilft dabei, die Qualität von Produktbestandteilen transparent zu definieren. A ist ein Material, das für eine spezifisch definierte Nutzung optimal geeignet ist. B heißt optimierbar, C steht für tolerierbar und X für nicht tolerierbar. X-Materialien müssen durch unbedenkliche Stoffe ersetzt werden. Je mehr A-Materialien ein Produkt enthält, desto höher ist die Produkt- oder Materialqualität.

**Nutzungsszenario:** Produkte für eine echte Kreislaufwirtschaft müssen für ihr konkretes Nutzungsszenario ausgelegt sein. Das Nutzungsszenario ergibt sich daraus, welche Funktion(en) ein Produkt in einem bestimmten Kontext erfüllen soll und ob seine Bestandteile in der Biosphäre zirkulieren, in der Technosphäre oder in beiden. Gelangen Bestandteile des Produkts in die Umwelt, müssen diese für die Biosphäre geeignet sein. Wenn nicht, muss das Produkt in der Technosphäre zirkulieren können. Kupfer kann im biologischen Kreislauf schädliche Auswirkungen haben, ist aber im technischen Kreislauf unbedenklich einsetzbar. Auch ein sinnvoller Nutzungszeitraum sollte produktspezifisch beurteilt werden. So kann ein Unternehmen mit dem Rücklauf seiner hochwertigen Materialien rechnen und diese dann für seine weitere Produktion einsetzen.

**Product-as-a-Service:** Product-as-a-Service (PaaS) ist ein plattformbasiertes Geschäftsmodell, bei dem Kund\_innen nicht das Produkt selbst kaufen, sondern nur den Zugang zu dessen Funktionen und Leistungen.

**Produktdaten:** Digital abgespeicherte Informationen über die Eigenschaften, Zusammensetzung, Zustände und Handhabung von Produkten, Bauteilen und Materialien, die auf dem Markt gehandelt werden.

**Wert:** Der von und für Akteur\_innen in Form von Produkten und Dienstleistungen geschaffene soziale Nutzen (Gebrauchswert) sowie der materielle Wert natürlicher Ressourcen, welche in den Produkten gebunden sind (bspw. Rohstoffe, Böden, Wind- und Sonnenenergie etc.). In der Circular Economy schließen sich unterschiedliche Akteur\_innen zu zirkulären Wertschöpfungsökosystemen zusammen, um aus den vorhandenen Ressourcenwerten möglichst viele Gebrauchswerte zu generieren.

**Zirkuläre Ökosysteme:** Eine Gruppe lose gekoppelter Akteur\_innen, mit eigenen Technologien und Institutionen, die in unterschiedlichen Phasen des Lebenszyklus eines Produkts kooperieren und sich wechselseitig informieren, um den Wert von Produkten und Materialien bestmöglich zu erhalten.

# 1 EINLEITUNG

In den vergangenen Jahren hat sich die Circular Economy<sup>1</sup> zu einem Leitparadigma für ein nachhaltiges Wirtschaftsmodell der Zukunft entwickelt. Gemeint ist eine strukturelle Transformation von Produktions- und Konsummustern hin zu einer zirkulären Wirtschaftsweise innerhalb der planetaren Grenzen. Ausgehend von einem zirkulären Produktdesign sollen Produkten und Materialien zur Norm werden, die mehrfach wiederverwendet und in Kreisläufen geführt werden können. So soll der Ressourcen- und Energieverbrauch gesenkt und umwelt- und gesundheitsschädlicher Abfall vermieden werden. Prognosen zufolge kann der Verbrauch von Rohstoffen so um circa ein Drittel reduziert (Circle economy 2023: 31) und die Treibhausgasemissionen langfristig unter der 2-Grad-Marke gehalten werden (IPCC 2021: 159).

Um Materialien und Produkte im Kreis zu führen, bedarf es jedoch eines komplexen Managements von Material- und Stoffströmen entlang des gesamten Lebenslaufes eines Produkts. Ein zentrales Instrument dazu sind digitale Daten. Die Digitalisierung liefert die Werkzeuge, um Informationen zu Produkten und Materialien effizient zu erfassen, zu speichern und an andere Akteur\_innen weiterzugeben. Auf diese Weise können Produktdaten mit den Produkten „zirkulieren“ und als ökologische Gebrauchsanweisung alle Akteur\_innen darüber informieren, welche Werte im Produkt enthalten sind und wie sie bestmöglich bewahrt werden können. Digitale Produktdaten können die Circular Economy vorantreiben, indem sie:

- den in Produkten gebundenen Wert von Materialien und Komponenten sichtbar machen und neue nachhaltige Geschäftsmodelle ermöglichen;
- sichtbar machen, in welchen Materialien und Komponenten umwelt- und gesundheitsschädliche Stoffe eingesetzt werden, wann diese Stoffe Grenzwerte überschreiten und welche Stoffe folglich durch materialgesunde und kreislauffähige Alternativen ersetzt werden müssen;
- die ökologische Transparenz innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerks erhöhen und so nachhaltige Beschaffung und Produktdesign fördern;

- die Bewertung und den Vertrieb von Gebrauchsgütern („Secondhand“) erleichtern;
- die Produktlebensdauer durch Bereitstellung von Reparatur- und Wartungsinformationen verlängern;
- die zielgerichtete Rückführung von Stoffströmen erleichtern bzw. die Kosten für Sammlung und Sortierung von Produkten senken, um so die Recyclingquoten zu erhöhen;
- Nutzer\_innen zur ökologisch bewussten Konsum- und Kaufentscheidung, Produktnutzung und Selbstreparatur befähigen;
- Behörden bei der Regulierung von Produkten und Materialien unterstützen (bspw. zur Kontrolle von Gefahrenstoffen);
- Forschung und Wissenschaft zu ökologischen Big-Data-Analysen von Produktmärkten befähigen;
- die Kollaboration und Resonanz zwischen Akteur\_innen in Wertschöpfungsökosystemen stärken;
- die ganzheitliche Darstellung der Wertigkeit von Produkten jenseits des Tauscherts ermöglichen.

## DIGITALISIERUNG UND CIRCULAR ECONOMY – WIE KANN DIE MEHRFACHE TRANSFORMATION ZUR NACHHALTIGKEIT GELINGEN?

Die sozial-ökologische Transformation zur Nachhaltigkeit ist die politische Mammutaufgabe dieses Jahrhunderts. Das gilt nicht nur aufgrund der Vielzahl an sozial-ökologischen Problemen und krisenhaften Ereignissen, die in Anbetracht der zunehmend spürbaren Folgen des Klimawandels und der Ressourcenkrise zu bewältigen sind. Sie ist vor allem auch eine immense Komplexitätsherausforderung, denn es müssen verschiedene politische Großprojekte gleichzeitig gestaltet und miteinander verbunden werden: Die Circular Economy braucht Digitalisierung und digitale Technologien, um den hohen Koordinationsaufwand und

<sup>1</sup> Der englische Begriff der Circular Economy umfasst inhaltlich einen weitreichenderen Ansatz der Zirkularität im Vergleich zum deutschen Begriff der Kreislaufwirtschaft, der vor allem Recyclingprozesse von Produkten und Materialien fokussiert. Vielmehr sollen Produkte und die auf ihre Attribute speziell zugeschnittenen Dienstleistungen so designt werden, dass sie deutlich intensiver und länger genutzt werden können. Produkte sollen repariert, aufgerüstet, wiederveräußert und wiederaufbereitet werden können; sie sollen verfügbar und erfahrbare gemacht werden, wobei Eigentum keine unabdingbare Voraussetzung für ihre Nutzung darstellt.

Informationsbedarf zirkulärer Ökosysteme zu bewerkstelligen und Prozesse ökonomisch und ökologisch effizienter zu organisieren. Ohne eine konsequente Kreislaufführung von Produkten und Materialien und eine deutliche Lebensdauererweiterung von Technologien wiederum kann die Digitalisierung ihren gegenwärtig noch immensen ökologischen Fußabdruck langfristig nicht ausreichend verringern. Digitalisierung und Circular Economy können jedoch aufgrund ihres hohen Energiebedarfs (z. B. für Server und Speicher, für die Wiederaufbereitung von Produkten und Materialien) nur dann nachhaltig gestaltet werden, wenn sie mit dem dritten Großprojekt – der Energiewende – koordiniert und verbunden werden. Umgekehrt ist der hohe Ressourcenbedarf und -verbrauch der Energiewende auf die Kreislaufführung angewiesen, und der Wandel von zentralen zu dezentralen Versorgungssystemen mit erneuerbaren Energien ist ohne digitale Steuerungsinstrumente kaum zu bewerkstelligen. Es handelt sich somit nicht nur um eine doppelte, sondern gleich eine dreifache Transformationsaufgabe, die koordiniert vorangetrieben muss, und zwar unter Mitnahme und Teilhabe der Gesellschaft und orientiert am Nachhaltigkeitsziel der inter- und intragenerationalen Gerechtigkeit. Als zentrale Orientierungspunkte müssen dabei die drei übergeordneten Nachhaltigkeitsstrategien<sup>2</sup> berücksichtigt werden: Angesichts der geringen Zeit, die uns als Gesellschaft zur Bewältigung der sozial-ökologischen Probleme bleibt, braucht es nicht nur Effizienz, sondern auch an Suffizienz orientierte Entscheidungen. Aus dem gleichen Grund müssen wir Ressourcen effizienter einsetzen. Aufgrund des heute noch hohen Energieverbrauchs digitaler Technologien bedarf es auch digitaler Suffizienz. Ziel jedoch muss ein an einer Konsistenzstrategie orientiertes Handeln sein, das in Kreisläufen und Ökosystemen denkt, die soziale Dimension einbezieht und dadurch das Potenzial hat, die großen Probleme ganzheitlich und langfristig zu lösen.

Das Zielbild für die diesem Papier zugrunde liegenden Fachgespräche war der Kreislaufwirtschaftsansatz Cradle to Cradle (C2C). C2C setzt beim Design sämtlicher Produkte an und beschränkt sich nicht darauf, wie bereits existierende Produkte nach ihrer primären Nutzung bestmöglich weiter genutzt werden können. Ziel ist eine Welt, in der jeglicher Abfall Nährstoff für etwas Neues ist. Ausgehend von der Funktion eines Produkts werden nach dem C2C-Designkonzept nur Materialien eingesetzt, die kreislauffähig und für ihr entsprechendes Nutzungsszenario geeignet – also in diesem Szenario materialgesund – sind: Bei Verbrauchsprodukten, bei deren Nutzung unweigerlich Abrieb entsteht, der in die Umwelt gelangt, muss dieses Material dafür geeignet sein, in biologischen Kreisläufen zirkulieren zu können. Materialien von Gebrauchsprodukten, die nicht in die Biosphäre gelangen, müssen so verarbeitet sein, dass sie in technischen Kreisläufen zirkulieren können. Die Produktion nach Cradle to Cradle findet im Idealfall ausschließlich mit erneuerbaren Energien aus

kreislauffähigen Anlagen statt. In allen Wertschöpfungsstufen wird zudem ein zirkulärer Umgang mit Wasser, Böden und Luft angestrebt: Die Umwelt soll nicht nur etwas weniger stark verschmutzt, sondern die Wasser-, Luft- und Bodenqualität sollen durch menschliches Handeln verbessert werden. Entlang aller Wertschöpfungsketten werden außerdem faire und menschenwürdige Arbeitsbedingungen sichergestellt.

## HERAUSFORDERUNG: ZIRKULÄRE DATEN-GOVERNANCE

Dieser Beitrag startet mit der These, dass digitale Technologien nur dann ihr volles ökologisches Potenzial entfalten können, wenn die Erzeugung, Pflege, Verwaltung und Weitergabe von Produktdaten einheitlich geregelt ist, sodass alle beteiligten Akteur\_innen darauf zugreifen können. Nur wenn die Informationen über die Eigenschaften von Produkten und verbauten Materialien verlässlich erhoben und über entsprechende digitale Infrastrukturen geteilt werden, lassen sich nachhaltige Geschäftsmodelle und zirkuläre Ökosysteme schnell entwickeln und skalieren.

Entsprechend diesem Ansatz haben zahlreiche Initiativen bereits damit begonnen, Dateninfrastrukturen zum Teilen von Produktdaten zu entwickeln: Plattformen teilen Reparaturinformationen zu Produkten, Secondhandmarktplätze vermarkten Gebrauchtwaren und Initiativen wie Caterna-X ermöglichen es, Produktdaten leichter zwischen Unternehmen zu teilen. Das ist grundsätzlich begrüßenswert, könnte jedoch unerwünschte Effekte haben: Je mehr verschiedene Datenstandards und digitale Plattformen es zum Teilen von Produktdaten gibt, desto schwieriger wird es, die Interoperabilität von Produktdaten zu gewährleisten, das heißt die anbieterübergreifende Verarbeitung der Information. So setzen viele privatwirtschaftliche Anbieter\_innen auf proprietäre Ökosysteme, welche im Endeffekt die Weitergabe von Produktdaten unterbinden und so neue Marktbarrieren für zirkuläre Geschäftsmodelle errichten.

Die Europäische Kommission hat das Problem erkannt und mit dem 2022 veröffentlichten Entwurf zur Ökodesign-Verordnung bereits ein konkretes Vorhaben auf den Weg gebracht: Über den digitalen Produktpass sollen zukünftig für alle Produkte auf dem EU-Markt jene Informationen verfügbar sein, die einen optimalen Werterhalt von Produkten und Materialien sicherstellen können. Die Herausforderung ist groß: Für jede einzelne Produktkategorie muss bestimmt werden, welche Produktdaten für die Transformation zur Circular Economy nötig sind. Zudem muss geklärt werden, wie die Daten erfasst, wo sie gespeichert werden und wer Zugang zu den Daten hat. Diese Steuerung von wirtschaftlichen Informationsflüssen wird entscheidende Wirkung auf die Märkte von morgen haben (Piétron et al. 2022). So kann der Europäische Gesetzgeber mit dem digitalen Produktpass einen wirksamen Hebel

<sup>2</sup> Die drei übergeordneten Nachhaltigkeitsstrategien sind Konsistenz (Erhalt und Kreislaufführung von Ressourcen und Produkten), Effizienz (Reduktion von Ressourcen- und Energieverbrauch von Prozessen und Produkten) und Suffizienz (Verringerung des Bedarfs an Ressourcen, Produkten und Energie).

schaffen, um mehr Transparenz über Materialströme zu ermöglichen und das „Level Playing Field“ für neue nachhaltige Geschäftsmodelle in der Circular Economy zu bereiten.

## DAS PROJEKT: DIE FÜNF FACHGESPRÄCHE

Um das politische Projekt der datengestützten Circular Economy im deutschsprachigen Raum voranzutreiben, haben sich die Friedrich-Ebert-Stiftung und die Cradle to Cradle NGO (C2C NGO) zusammengetan und eine Veranstaltungsreihe mit fünf Fachgesprächen<sup>3</sup> von Januar bis Juni 2023 durchgeführt. Ziel der Fachgespräche mit dem Titel „Digitalisierung und zirkuläre Wertschöpfung“ war es, die Potenziale von Daten und digitalen Infrastrukturen für die zirkuläre Wertschöpfung anhand ausgewählter Use-Cases in unterschiedlichen Branchen zu untersuchen. Der Kreis der Teilnehmenden setzte sich aus Stakeholder\_innen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zusammen, wobei bei einzelnen Terminen die Kerngruppe der Reihe mit branchenspezifischen Expert\_innen erweitert wurde. In den Fachgesprächen wurden jeweils unterschiedliche Wirtschaftssektoren und Phasen im Produktlebenszyklus in den Fokus genommen:

- 1. Fachgespräch (20.1.2023): Digitalisierung als Wegbereiter für zirkuläre Ökosysteme – Politische Rahmenbedingungen, Plattformen und digitale Produktpässe
- 2. Fachgespräch (16.2.2023): Mitgedacht von Anfang an – Daten und Infrastrukturen für zirkuläres Design und Wiederverwendung in der Bauwirtschaft
- 3. Fachgespräch (23.3.2023): Vernetzt und transparent – Daten und digitale Infrastrukturen für eine zirkuläre Produktion in der Automobilwirtschaft
- 4. Fachgespräch (4.5.2023): (Noch mal) Nutzen statt Besitzen – Daten und digitale Infrastrukturen für zirkuläre Geschäftsmodelle im Konsumgüterbereich
- 5. Fachgespräch (1.6.2023): Daten und digitale Infrastrukturen für geschlossene Stoffkreisläufe in der Textilbranche

## SKIZZIERUNG DER PROJEKTERGEBNISSE

Im Ergebnis zeigen die Fachgespräche mit Expert\_innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, dass die strategische Erfassung, Verarbeitung und Weitergabe von Produktinformationen eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für die Transformation in einer Circular Economy ist. Für einen Übergang von linearer zu zirkulärer Wertschöpfung bedarf es grundsätzlich ordnungspolitischer Vorgaben zur Ausweitung der Nutzungsdauern

von Produkten, ihrem kreislauffähigen Design, zu Materialqualitäten (welche Materialien werden in welchem Nutzungsszenario als gesund eingestuft), zur Reparierbarkeit sowie zur Wiederverwertung von Produkten und Materialien. Damit Wirtschaftsunternehmen und weitere Akteur\_innen (Behörden, Konsument\_innen, Repaircafés etc.) Material- und Stoffströme entlang des gesamten Produktlebenszyklus koordinieren können, sind sie jedoch entscheidend auf Daten und digitale Infrastrukturen angewiesen. So bedarf es einer strategischen Daten-Governance von Produktdaten – also eines institutionalisierten Koordinationsprozesses, in dem präzise festgelegt wird, welche produktbezogenen Informationen erzeugt und wie sie verarbeitet und geteilt werden müssen: Nur wenn diese Informationen zu Produkteigenschaften mit den Produkten in der Wirtschaft „zirkulieren“ und breit verfügbar sind, können die im Produkt enthaltenen Werte, das heißt Bauteile, Materialien und Energie, bestmöglich erhalten werden. Der digitale Produktpass der Europäischen Union stellt in dieser Hinsicht ein herausragendes Projekt dar, das die standardisierte Veröffentlichung von digitalen Informationen zu allen auf dem europäischen Markt gehandelten Produkten anstrebt. Die EU-Mitgliedstaaten stehen dabei in der Verantwortung, die Einführung des digitalen Produktpasses zu überwachen und voranzutreiben sowie zirkuläre Geschäftsmodelle im Bereich Secondhand, Product-as-a-Service (PaaS), Reparatur und Recycling mit zukunftssicheren Arbeitsplätzen und nachhaltigen Wertschöpfungsoptionen aktiv zu fördern.

## AUFBAU DER PUBLIKATION

In der vorliegenden Publikation werden nun die wesentlichen Ergebnisse der Fachgespräche vorgestellt, ausgewertet und in politische Handlungsempfehlungen übersetzt. Der Text ist wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 erfolgt zunächst eine kurze Einführung in den wissenschaftlichen Forschungsstand zur datengetriebenen Circular Economy. In Kapitel 3 werden die Ergebnisse der Fachgespräche präsentiert. Für jeden der vier untersuchten Sektoren – Gebäude, Automobilsektor, Konsumgüter im Elektro- und Elektroniksektor und Textilwirtschaft – werden anhand ausgewählter Initiativen die Chancen und Risiken zirkulärer Daten-Governance verdeutlicht. Anschließend werden die Ergebnisse in Kapitel 4 zusammengeführt, evaluiert und mit der laufenden europäischen Regulierung zur Einführung eines digitalen Produktpasses abgeglichen. Die dabei identifizierten Herausforderungen zirkulärer Daten-Governance dienen in Kapitel 5 zur Formulierung von neun zentralen Handlungsempfehlungen für politische Akteur\_innen auf Bundes- und EU-Ebene.

<sup>3</sup> Die Protokolle der fünf Fachgespräche sind online unter folgendem Link abrufbar: <https://nextcloud.fes.de/nc/s/fs82DiscsjmbptW> (4.8.2023).

## 2

# WAS IST ZIRKULÄRE DATEN- GOVERNANCE?

## DAS ZIEL: ZIRKULÄRE WERTSCHÖPFUNG

Die Circular Economy steht für das Ziel, die ökonomischen Wertschöpfungsprozesse und speziell das Design von Produkten so zu verändern, dass die verwendeten Ressourcen und Materialien im Kreislauf gehalten und Produkte so lange wie möglich genutzt werden können, um den Ressourcenverbrauch und das Abfallaufkommen zu minimieren. Damit bedeutet Circular Economy eine Abkehr von der klassisch-linearen Wertschöpfungslogik nach dem Motto „take-make-dispose“, bei der ein Großteil der Werte am Ende von Produktlebensdauern vernichtet und so die Zerstörung von natürlichen Ökosystemen vorangetrieben wird. Stattdessen wird nach dem C2C-Prinzip eine zirkuläre Wertschöpfung angestrebt, bei der Produkte und Materialien mehrfach verwendet und Stoffströme geschlossen werden (Blomsma/Brennan 2017; Friant et al. 2020; Hofmann 2019). Ziel der Circular Economy ist es folglich, Ressourcen zu nutzen statt zu verbrauchen, den absoluten Ressourcenverbrauch zu reduzieren und damit den anthropogenen Impact auf die Natur zu verringern (Hofmann/Jaeger-Erben 2020).

Klar ist: Zirkuläres Wirtschaften kann nicht von einem/ einer Wertschöpfungsakteur\_in allein vorangetrieben werden, sondern es erfordert die Zusammenarbeit vieler Akteur\_innen – Hersteller\_innen, Nutzer\_innen, Händler\_innen, Reparaturbetrieben, Recyclern und regulierenden Institutionen. Nötig sind „Systeminnovationen“ (Hekkert et al. 2020), mit denen isolierte Geschäftsmodelle in zirkuläre Ökosysteme eingebettet werden. In allen wirtschaftlichen Sektoren bedarf es sogenannter zirkulärer Ökosysteme, bei denen Wertschöpfungsakteur\_innen aus verschiedenen Sektoren miteinander kollaborieren, um gemeinsam die Nutzungsdauer von Produkten zu verlängern, die Nutzungsintensität zu erhöhen und Materialströme zu schließen. Dafür müssen sich die partizipierenden Wertschöpfungsakteur\_innen in allen fünf Phasen des Produktlebenszyklus an den Prinzipien zirkulärer Wertschöpfung ausrichten (Hansen/Revellio 2020):

— **Design:** Akteur\_innen im Produktdesign setzen Materialien abgeleitet vom jeweiligen Nutzungsszenario eines Produkts so ein, dass alle verwendeten Ressourcen nach der Nutzung wieder in ihren jeweiligen biologischen oder technischen Kreisläufen zirkulieren können. Diese Produkte können zudem einfach repariert und wiederverwendet werden.

- **Produktion:** Die Herstellerunternehmen produzieren bedarfsgerechte, kreislauffähige, materialgesunde, reparierbare und aufrüstbare Produkte, indem sie erneuerbare Energien und recycelte Materialien verwenden, bei der Produktion Wasser-, Luft- und Bodenqualität schützen oder im Idealfall verbessern sowie soziale Standards einhalten.
- **Nutzung:** Dienstleistende ermöglichen die kollektive Nutzung und den gemeinsamen Verbrauch von PaaS-Systemen, um die Effizienz der Produkte zu steigern. Sie kooperieren mit Nutzer\_innen, um eine bedarfsgerechte und lange Nutzung zu ermöglichen.
- **Zweites Leben:** Reparaturbetriebe und -organisationen sowie Wiederaufbereitungsunternehmen verlängern die Lebensdauer von Produkten durch Wartung und Reparatur, Aufarbeitung und Wiederverkauf sowie den Zusammenbau mit neuen Komponenten nach Bedarf.
- **Recycling:** Die Recyclingindustrie verfolgt und trennt Materialströme, um Abfall zu vermeiden und Sekundärrohstoffe zu erzeugen.

## DIGITALTECHNIK ALS „RELATIONALES TOOL“

Die genannten und weitere potenziell relevante Akteur\_innen müssen bisherige Barrieren und Hemmnisse der Kollaboration überwinden, um sich in zirkulären Ökosystemen gewissermaßen um Produkte und Materialien herum „zu versammeln“. Dabei müssen vielfältige Kollaborations- und Austauschbeziehungen hergestellt werden – etwa zwischen Designer\_innen und Recyclingbetrieben, Herstellenden und Nutzenden, Verbraucherberatungen und Dienstleistenden –, um miteinander im Sinne des Erhalts von Produkten und Kreisläufen zu handeln. Digitale Technologien und Infrastrukturen können in diesem Kontext als „relationale Tools“ angesehen werden, das heißt als Werkzeuge, die Verbindungen und Beziehungen zwischen den Akteur\_innen herstellen. Ihr Potenzial reicht dabei weit über die rein „technische“ Übertragung von Informationen hinaus. Vielmehr können sie Resonanz und Vertrauensbeziehungen zwischen Akteur\_innen herstellen und spiegeln die unterschiedlichen Wertzuweisungen wider, die in Bezug auf die Produkte und Materialien vorgenommen werden. Vor dem Hintergrund eines relationalen

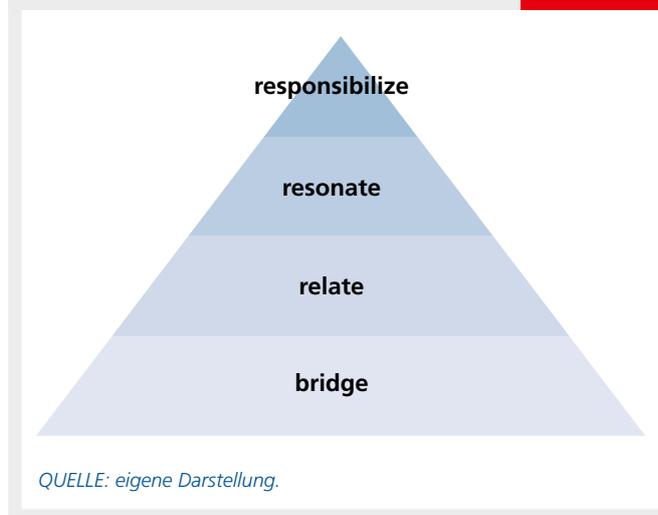
Paradigmas<sup>4</sup> lassen sich die Potenziale von Digitaltechnik wie folgt kategorisieren:

- **Gaps füllen („bridge“):** Überbrückung von Wissenslücken durch Erhebung, gerechtere Verteilung und besseres Management von Daten; Herstellung von Transparenz und Offenheit, um Wissensgefälle und -hierarchien abzubauen.
- **Relationen herstellen („relate“):** Herstellung von Verbindungen zwischen unternehmerischen, regulatorischen, wissenschaftlichen, politischen, zivilgesellschaftlichen etc. Akteur\_innen über verschiedene Lebensphasen, Sektoren und Hierarchieebenen hinweg; Versammlung von Akteur\_innen im zirkulären Ökosystem; Herstellung von Verbindungen zu Produkten und Materialien durch ein ganzheitliches Verständnis der Lebenszyklen.
- **Resonanzen erzeugen („resonate“):** Verbesserung des Verständnisses zwischen den Akteur\_innen hinsichtlich (Informations-)Bedarfen und Wertzuweisungen.
- **Verantwortung ermöglichen („responsibilize“):** daten- und wissensbasierte Befähigung von Akteur\_innen innerhalb der zirkulären Ökosysteme, verantwortlich im eigenen Aktionsbereich und im Verhältnis zu anderen zu handeln.

Mit diesen relationalen Fähigkeiten können digitale Technologien dazu beitragen, Wertschöpfungsprozesse insgesamt offener, transparenter und teilhabefördernder zu gestalten. Dies ist dringend nötig, da die Circular Economy als ein Projekt der Dezentralisierung von Wertschöpfung verstanden werden sollte. Statt der linearen Kopplung großer Marktakteure in der Produktion, im Handel und der Abfallverwertung, sieht die Circular Economy eine Vielzahl und Vielfalt an großen und kleinen Kreisläufen und Interaktionen insbesondere im regionalen Kontext vor, damit insbesondere die inneren Kreisläufe („inner loops“, wie Teilen, Tauschen, Secondhandkauf, Aufbereitung, Reparatur) ohne zusätzliche Emissionen durch weite Transportwege auskommen können. Dazu bedarf es einer größeren Anzahl an Akteur\_innen, die mit ihren Lösungen, kreativen (Dienst-)Leistungen und neuen Verwertungsideen zum Gelingen zirkulärer Wertschöpfungssysteme beitragen. Am Beispiel der Open-Source-Bewegung lässt sich zeigen, wie kraftvoll und transformativ und gleichzeitig sicher und risikoarm offene Design- und Produktionsprozesse gestaltet werden können und wie Teilhabe und Wissensgerechtigkeit nicht zulasten von Wirt-

## Die Potenziale von Digitaltechnik zum Aufbau sozialer Beziehungen

Abb. 1



schaftlichkeit oder ökonomischer Verwertbarkeit – und umgekehrt – gehen müssen (vgl. Brandenburger et al. 2023, Omer et al. 2022).

## INFORMATION UND KOMMUNIKATION ALS BASIS ZIRKULÄRER WERTSCHÖPFUNG

Die Transformation der Wirtschaft in Richtung dieser offenen und dezentralen Circular Economy setzt klare ordnungspolitische Vorgaben voraus. Nötig sind verpflichtende Maßnahmen zur Definition von Materialqualitäten und kreislauffähigem Design von Produkten, zur Ausweitung ihrer Mindestnutzungsdauer, zur Reparierbarkeit von Produkten sowie zur Wiederverwertung von Produktmaterialien.<sup>5</sup>

Doch neben politischen Zielvorgaben müssen Unternehmen auch aktiv dazu befähigt werden, neue zirkuläre Wertschöpfungsnetzwerke und Produktionsverfahren einzuführen. Insbesondere müssen Unsicherheiten abgebaut und die Transaktionskosten für die Teilnahme an zirkulären Ökosystemen erheblich reduziert werden. Die wichtigste Maßnahme dafür sind verlässliche Informationen über Eigenschaften, Qualität und Quantität von den im Wertschöpfungskreislauf befindlichen Produkten und Materialien (Jäger-Roschko/Petersen 2022). Hier zeigt sich der Zusammenhang zwischen Information und Transformation – nur wenn ökonomische Akteur\_innen über

<sup>4</sup> Das relationale Paradigma ist ein in den Nachhaltigkeitswissenschaften zunehmend verfolgter Ansatz, der die sich kontinuierlich entfaltenden Prozesse und Beziehungen innerhalb von Mensch-Technik-Natur-Systemen fokussiert, statt diese als getrennte Einheiten zu betrachten. Nachhaltigkeitsprobleme werden dabei als Folge gestörter Verhältnisse bzw. Relationen zwischen Gesellschaft, Technik und Natur verstanden. Ziel von Nachhaltigkeitspolitiken sollte daher sein, die Relationen wiederherzustellen (vgl. Walsh et al. 2021).

<sup>5</sup> Recyclingquoten oder die Vereinheitlichung von technischen Standards (Stecker, Schnittstellen etc.) zählen hier ebenso dazu, wie etwa die Frage, welche Art von Kunststoff für eine spezifische Nutzung eingesetzt werden darf oder welche Beimischungen (Weichmacher, Farbe etc.) im Sinne der Kreislauffähigkeit erlaubt sind.

die Zusammensetzung, Verwendung und Umwelteffekte von Produkten informiert werden, können sie gezielt nachhaltige Produktions- und Konsummuster entwickeln, die den Ressourcenverbrauch und klimaschädliche Emissionen effektiv reduzieren. Akteur\_innen müssen „in Form gebracht“ werden, damit sie die Werte von Produkten und Materialien bestmöglich erhalten und erneuern können.

Dieser akteursübergreifende Informationsaustausch hat jedoch Voraussetzungen, welche der Markt selbst nicht leisten kann. Vonseiten der Nachhaltigkeitswissenschaft wurde wiederholt betont, dass durch den marktwirtschaftlichen Fokus auf den Preis als zentrale Produktinformation zahlreiche weitere Produktinformationen verloren gehen, die für eine ökologische Wirtschaftskoordination essenziell sind (Berg/Wilts 2019, Agrawal et al. 2021, Hedberg/Šipka 2021):

- Die ökologischen Kosten neuer Produkte und Rohstoffe werden externalisiert und unsichtbar gemacht, was wiederum zu ungerechtfertigten Preisvorteilen für neue Produkte und Primärmaterialien<sup>6</sup> führt. Die Folge ist, dass wiederverwendete, reparierte oder wiederaufbereitete Produkte zu kostenintensiv und wenig Anreize für das Entstehen von zirkulären Ökosystemen gegeben sind.
- Fehlende Informationen über Qualität und Eignung gebrauchter Produkte und Sekundärmaterialien (Wert, Preis, Mengen, Qualitäten etc.) führen zu Unsicherheit und hohen Suchkosten.
- Mangelnde Daten über die Produkt- und Materialzusammensetzung verhindern Reparatur, Wiederaufbereitung und Recycling von Produkten sowie die Kreislaufführung der darin eingesetzten Ressourcen. Dieser Mangel wird häufig durch Bedenken hinsichtlich des Verlusts von Geschäftsgeheimnissen ausgelöst.
- Schwach ausgeprägte bzw. wenig geförderte Kollaborationsbereitschaft zwischen ökonomischen Akteur\_innen, die über das Alltagsgeschäft und die eigenen Verwertungsabsichten hinausgehen.

## ZIRKULÄRE DATEN-GOVERNANCE

Entgegen dieser Intransparenz am Markt kann die strategische Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung digitaler Produktinformationen einen entscheidenden Beitrag für eine nachhaltige Transformation leisten: Die zentrale Idee ist, dass Produktdaten mit den Produkten in der Wirtschaft „zirkulieren“ und als ökologische Gebrauchsanweisung alle relevanten Akteur\_innen darüber informieren, welche Werte im Produkt enthalten sind und wie sie bestmöglich bewahrt werden können. Auf diese Weise können

beispielsweise die Suchkosten für die Wiederverwendung von Materialien sowie die Kosten für die Reparatur, Sortierung und das Recycling von Produkten reduziert werden.

Die Organisation einer solchen dynamischen Zirkulation von Produktdaten ist keineswegs trivial, sondern bedarf einer kohärenten Daten-Governance, das heißt, es müssen institutionalisierte Praktiken und Entscheidungsstrukturen etabliert werden, in denen die Regeln für den Umgang mit Daten definiert werden. Diese Datenregeln umfassen Zuweisung von Rollen mit Rechten und Pflichten sowie konkrete Vorgaben zur Erhebung, Speicherung, Verarbeitung und gemeinsamen Nutzung von Daten innerhalb und zwischen Organisationen (Abraham et al. 2019). So muss für jede Produktgruppe in jeder Phase des Produktlebenszyklus jeweils neu die entscheidende Frage beantwortet werden: Wer soll welche Daten zu welchem Zweck mit wem teilen? Die Antworten auf diese Frage müssen schließlich in konkrete technische Dateninfrastrukturen, das heißt funktionale Einheiten aus Datenspeichern, Softwareprogrammen, Schnittstellen und Protokollen, überführt werden, damit digital codierte Informationen effektiv gespeichert und weitergeleitet werden können.

Inzwischen haben zahlreiche Akteur\_innen den Wert von Produktdaten für die Circular Economy erkannt und auf Basis eigener Dateninfrastrukturen sogenannte „digitale zirkuläre Ökosysteme“ (Piétron et al. 2023) zur Vermittlung von Produktdaten geschaffen. Dabei lassen sich zentrale und dezentrale Ansätze von zirkulärer Daten-Governance unterscheiden: Einerseits werden digitale zirkuläre Ökosysteme von einem zentralen Akteur orchestriert, in der Regel einer digitalen Plattform, die als Informationsbroker fungiert und verschiedene Nutzer\_innengruppen zusammenführt. So sind in den vergangenen Jahren zahlreiche Plattformen für zirkuläre Ökosysteme entstanden, auf denen bspw. gebrauchte Produkte und Materialien oder Ersatzteile gehandelt, der Wert von Gebäuden erfasst, Reparaturdienstleistungen vermittelt oder Reparaturtipps angeboten werden.

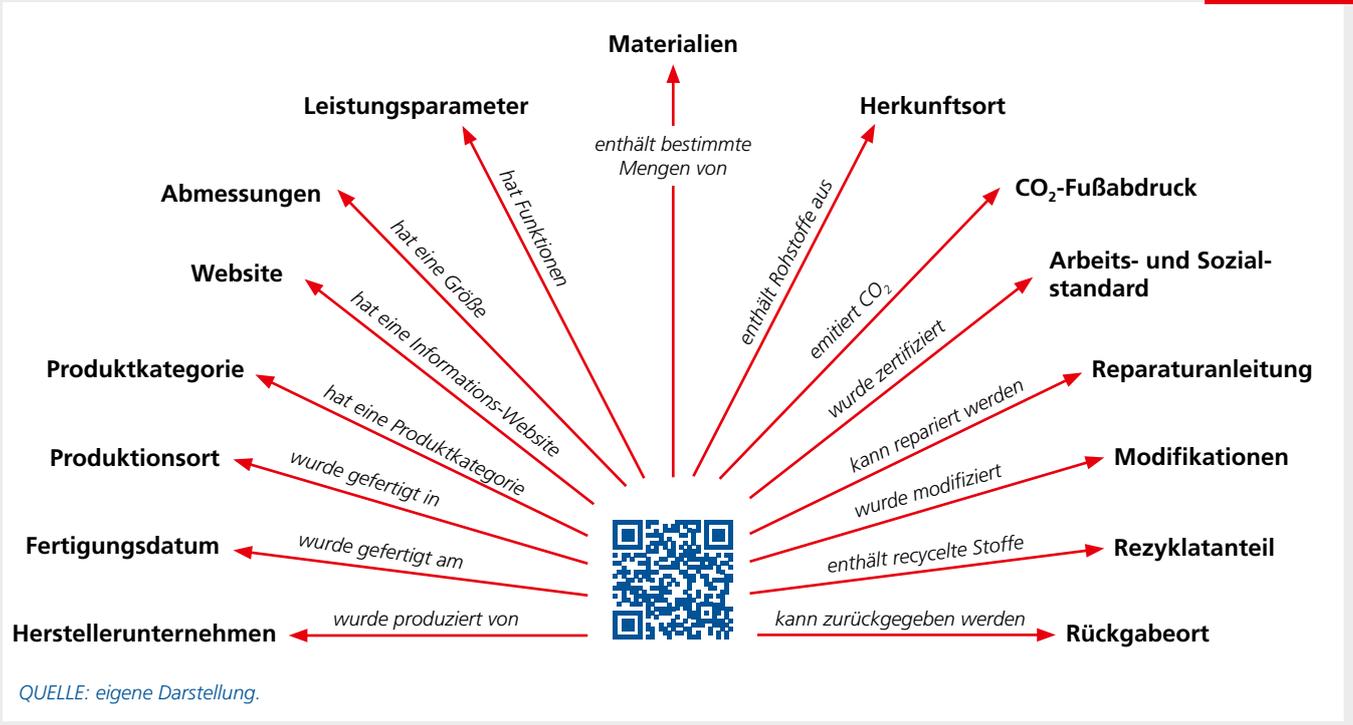
Demgegenüber stehen sogenannte digitale Produktpässe mit einer dezentralen Dateninfrastruktur. Die Produktdaten werden hier auf verschiedenen Onlinespeicherorten zur Verfügung gestellt (bspw. auf den Servern der Hersteller\_innen) und können dort von allen Stakeholder\_innen direkt eingesehen werden. Anders als bei zentralen Produktplattformen gibt es bei dezentralen Produktpässen keinen Gatekeeper, der den Datenzugang künstlich beschränken kann. Dies hat den Vorteil, dass die Produktpässe immer verfügbar sind und mit dem Produkt entlang des Produktlebenszyklus zirkulieren und „wachsen“ können – auf diese Weise können die Daten von Vor- bzw. Zwischenprodukten (Art und Menge der eingesetzten Rohstoffe<sup>7</sup>, Additive und Prozesschemikalien, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Demontage-, Reparaturanleitungen etc.) in einem neuen digitalen Produktpass des Endprodukts aggregiert

<sup>6</sup> Primärmaterialien werden durch die Entnahme aus der Natur gewonnen, wie Metalle, seltene Erden und Erze, Holz oder Wasser. Abgesehen von den Schritten, die nötig sind, um sie zu gewinnen, sind Primärmaterialien unbearbeitet.

<sup>7</sup> Bei den Materialien sind neben den verarbeiteten Rohstoffen insbesondere auch die eingesetzten Additive (Farbstoffe, Weichmacher) sowie Prozesschemikalien relevant, da diese Stoffquellen in der Regel die Kreislauffähigkeit oder Recyclingfähigkeit von Materialien vermindern.

## Der DPP als graphenstrukturiertes Datenmodell eines Produkts mit ausgewählten Produktinformationen

Abb. 2



werden, ohne dass Informationen entlang der Wertschöpfungskette verloren gehen. Damit die digitalen Produktpässe jedoch trotz der dezentralen Speicherung schnell gefunden werden können, empfiehlt sich zur Ergänzung ein zentrales Register, das alle Speicherorte der Produktpässe auflistet. Darüber hinaus benötigen digitale Produktpässe einen einheitlichen Datenstandard, der sicherstellt, dass der produktbezogene Datensatz mit heterogenen Informationssystemen interoperabel ist, das heißt, von allen relevanten Akteur\_innen gelesen und verarbeitet werden kann.

### Definition: Digitaler Produktpass (DPP)

Ein digitaler Produktpass ist eine strukturierte Sammlung produktbezogener Informationen mit vorab definiertem Umfang, die auf elektronischem Wege über einen digitalen Datenträger zugänglich sind. Er basiert auf einer eindeutigen Produktkennzeichnung, die mit verschiedenen Produkteigenschaften verknüpft ist.

Aktuell werden allein in der EU 76 verschiedene Produktpässe entwickelt (Jansen et al. 2022: 12). Die hohe Zahl der Produktdaten-Initiativen ist erfreulich, kann jedoch auch kontraproduktiv wirken, bspw. wenn konkurrierende Daten-

formate die Interoperabilität von DPPs aushebeln und folglich die Verfügbarkeit der Daten erheblich einschränken. Eine ähnliche Verknappung von Produktdaten ist auch bei geschlossenen Ökosystemen auf Basis proprietärer Plattformen zu beobachten, die eine Mitnahme von Daten mangels offener Schnittstellen in der Regel unterbinden.

Aus diesem Grund ist die Initiative der EU-Kommission zu begrüßen, inhaltliche und technische Mindeststandards zum digitalen Produktpass speziell für einzelne Produktgruppen zu bestimmen, um die Interoperabilität von digitalen Produktpässen zu gewährleisten.<sup>8</sup> So soll der europäische DPP dazu dienen, „produktbezogene Informationen elektronisch registrieren, verarbeiten und zwischen Unternehmen der Lieferkette, Behörden und Verbrauchern austauschen“ zu können. Herstellerunternehmen würden dazu verpflichtet, bei Markteintritt einen DPP zu erstellen und sämtliche Nachweise und Informationsanforderungen online bereitzustellen. Der DPP wird aktuell politisch ausgehandelt und soll auf Basis der 2023 beschlossenen Batterieverordnung erstmals im Jahr 2026 in der Batteriewirtschaft zur Anwendung kommen (Rat der Europäischen Union 2023). Parallel dazu muss auf politischer Ebene für zahlreiche weitere Wirtschaftssektoren festgelegt werden, welche Produktdaten die Herstellerunternehmen sowie potenziell weitere Akteur\_innen der Wertschöpfung mit wem zu welchen Zwecken teilen müssen.

<sup>8</sup> Im europäischen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft, der als strategischer Eckpfeiler des Europäischen Green Deal dient, spielt die Sammlung, Bereitstellung und Verknüpfung von Produktinformationen mit einem digitalen Produktpass eine wichtige Rolle, um die europäische Wirtschaft zukunftsfähig zu machen (ESPR 2022).

# ERGEBNISSE DER FACHGESPRÄCHE

Im Folgenden werden die Ergebnisse der fünfteiligen Fachgesprächsreihe<sup>9</sup> mit dem Titel „Digitalisierung und zirkuläre Wertschöpfung“ präsentiert, die im Zeitraum von Januar bis Juni 2023 mit Expert\_innen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft durchgeführt wurde (siehe Liste der Fachgespräche auf S. 8). In den Fachgesprächen standen jeweils ausgewählte Use-Cases in vier wichtigen Wirtschaftssektoren im Fokus, denen besonders großes Potenzial für die Circular Economy zugeschrieben wird: dem Gebäudesektor, der Automobilbranche, der Elektro- und Elektronikbranche sowie dem Textilsektor unter Berücksichtigung spezifischer Produktlebensphasen. Die systematische Auswertung des erhobenen Datenmaterials erfolgte anhand folgender Fragestellungen:

- Wie können Daten, digitale Infrastrukturen und neuartige Geschäftsmodelle datengestützte zirkuläre Ökosysteme begünstigen bzw. fördern?
- Welche vielversprechenden Initiativen zum Aufbau von datengetriebenen zirkulären Ökosystemen existieren?
- Welche akuten Herausforderungen verhindern die Umsetzung von datengestützten zirkulären Ökosystemen?

Die Unterkapitel beschreiben exemplarisch die sektorspezifischen Initiativen, Fortschritte und Herausforderungen zu datengestützten zirkulären Ökosystemen. Dabei liegt der Fokus weniger auf einem vollständigen Überblick über alle Initiativen zum Teilen von Produktdaten. Vielmehr sollen anhand der Diskussion in den Fachgesprächen die sektorspezifischen Akteurstypen und -koalitionen sowie deren Konkurrenz- und Kooperationsverhältnisse herausgearbeitet und auf ihre Implikationen für eine zirkuläre Daten-Governance hin analysiert werden. Die Struktur der Unterkapitel ist wie folgt aufgebaut: allgemeine Einführung in den Sektor unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsherausforderungen und wirkungsvollen Prinzipien einer Circular Economy, die Rolle von Daten und digitalen Infrastrukturen als Hebel für eine Circular Economy geleitete Sektortransformation sowie akute Hürden einer effizienten und funktionierenden zirkulären Daten-Governance.

## GEBÄUDESEKTOR

Unter dem Begriff „Gebäudesektor“ bündeln sich alle Aktivitäten und Prozesse zum Bau von Gebäuden. Hierunter fallen nicht nur Vorleistungen, wie z. B. Baustoffherstellung, Planung, Konstruktion sowie Logistikdienstleistungen während der Bauphase, sondern auch Services während der Nutzungsphase bis hin zum Aus-, Um- und Rückbau von Gebäuden.<sup>10</sup> Dabei kommt dem Gebäudesektor eine bedeutende Rolle im Klima- und Ressourcenschutz zu: Die große und stetig wachsende Nachfrage nach Sand und Kies, Stahl, Aluminium oder Glas, der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in der Betonproduktion, der immens hohe Energieverbrauch während der Nutzungsphase, der hohe Anteil am Gesamt-Abfallaufkommen in Deutschland sowie die starke Flächen- und -versiegelung machen den Gebäudesektor zu einem der ressourcenintensivsten Wirtschafts- und Lebensbereiche (Schubert et al. 2023). Angesichts dieser zahlreichen negativen Einflüsse auf natürliche Ökosysteme ist eine tiefgreifende Sektortransformation dringend nötig.

Ein erster wichtiger Ansatzpunkt liegt im Erhalt des Gebäudebestands. Die teilnehmenden Expert\_innen am Fachgespräch waren sich darin einig, dass es den vorhandenen Gebäudebestand zu erhalten und sinnvoller bzw. anders zu nutzen gilt. Die Schaffung von Wohnraum und Gewerbegebieten muss vorrangig durch ressourcenschonenden Bestandsumbau gewährleistet werden. Durch systematische Instandhaltung und die Umfunktionierung des aktuellen Gebäudebestands lässt sich der Einsatz von großen Mengen an grauer Energie<sup>11</sup> und Primärrohstoffen vermeiden, die insbesondere bei der Rohbaukonstruktion eines Neubaus entstehen (Schubert et al. 2023). Voraussetzung für eine effiziente Weiter- und Umnutzung ist die energetische Sanierung, da über 60 Prozent der Wohngebäude in Deutschland vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 entstanden sind und bei Weitem nicht den heutigen energetischen Standards entsprechen (Küstner et al. 2022). Ein zweiter zentraler Ansatzpunkt besteht darin, den Neubau von Anfang an zirkulär zu konzipieren. Wenn nach eingehender und sorgfältiger Prüfung der Neubau von Wohn- und Gewerbegebäuden unumgänglich erscheint, sollte bereits in der Planungsphase die Möglichkeit von Mehrfachnutzungen bzw. potenziellen Umnutzungsoptionen berücksichtigt

<sup>9</sup> Die Fachgespräche erstreckten sich über eine Dauer von zwei bis drei Stunden, die jeweils als hybrides Veranstaltungsformat durchgeführt wurden. Alle Fachgespräche wurden aufgezeichnet und mithilfe von Gesprächsprotokollen stichpunktartig dokumentiert.

<sup>10</sup> Im Vergleich zum Gebäudesektor umfasst der Bausektor auch Verkehrsinfrastrukturen, wie z. B. Straßen und Brücken, die allerdings im Rahmen der vorliegenden Studie nicht behandelt wurden (vgl. Küstner et al. 2022).

<sup>11</sup> Die graue Energie eines Produkts ist die gesamte benötigte Energie, die für dessen Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung aufgewendet wurde. Berücksichtigt werden dabei sowohl alle Vorprodukte bis zur Rohstoffgewinnung als auch der gesamte Energieeinsatz aller angewandten Produktionsprozesse.

## Beispielhafte Ausgestaltung eines digitalen Gebäudepasses

Abb. 3

<b>Allgemeine Gebäudeinformationen</b>	Lokaler Standort, Baujahr, Bauweise, Gesamtmasse des Gebäudes, Restnutzungsdauer
<b>Materialität</b>	Materialität des Gebäudes (Holz- und Holzwerkstoffe, Kunststoffe, Elektrik und Elektronik, Metalle, Gips, Glas, mineralische Baustoffe etc.). Eindeutige, unveränderliche Identifikationsnummer der verbauten Materialien für die individuelle Verfolgung während des Gebäudezyklus, monetärer Materialwert, Materialherkunft ...
<b>Demontagefähigkeit und Zirkularitätsbewertung</b>	Demontierbare Masse plus qualitative Einstufung, werkstoffliche Trennbarkeit plus qualitative Einstufung, verwendete Verbindungstechnologien, trennbare Masse, Masse an Wiederverwendungspotenzial, Masse an stofflicher Weiterverwertung, Masse an thermischer Verwertung ...
<b>Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Gebäudestruktur</b>	Mehrfachnutzung Fläche, Umnutzungsfähigkeit, Erweiterbarkeit der Gebäudestruktur ...
<b>Schad- und Risikostoffe</b>	Schadstoffgutachten, Toxizität der verbauten Materialien ...
<b>Treibhausgasemissionen entlang des gesamten Lebenszyklus</b>	Produktion der Vorleistungen, Gebäudebau, Nutzung, Rückbau, eingesparte Emissionen bei unterschiedlichen Weiter- und Umnutzungsoptionen ...

QUELLE: eigene Darstellung.

werden (Küstner et al. 2022). Die Circular-Economy-Prinzipien Modularität, Reparierbarkeit, sortenreine Trennbarkeit von Gebäudekomponenten und Kreislauffähigkeit von verbauten Materialien müssen dabei als neue Konstruktionsstandards verankert werden. Flankierend dazu sollte jeder Neubau über ein Rückbaukonzept verfügen, damit aus einem „Gebäudeabriss“ ein leicht erschließbares Materiallager im Sinne des sogenannten „Urban Mining“<sup>12</sup> wird. Selbstverständlich muss der Einsatz von nachwachsenden und nichtgesundheitsschädlichen Rohstoffen als Substitution für nichtnachwachsende, ressourcenintensive und gesundheitsgefährdende Baustoffe geprüft und, wenn ökologisch sinnvoll, präferiert werden.

### DATEN UND DIGITALE INFRASTRUKTUREN FÜR EINE TRANSFORMATION DES GEBÄUDESEKTORS

Bei Gebäuden kommt immer häufiger die Methode des Building Information Modelings (BIM) zum Einsatz, die einen digitalen Zwilling des Gebäudes erzeugen kann. Grundsätzlich ist mit dem digitalen Zwilling eine digitale Kopie bzw. ein digitales Abbild eines physischen Gebäudes gemeint, mit dem sich das dynamische Verhalten eines realen Gebäudes besser analysieren lässt. Grundlage für den digitalen Zwilling sind jedoch umfassende Informationen über das Bauwerk, die zunehmend in einem digitalen Gebäudepass, das heißt einem digitalen Produktpass für Ge-

bäude, gesammelt werden. Digitale Gebäudepässe können in allen Lebensphasen eines Gebäudes – von der Konstruktion, über Bau, Nutzung, Umnutzung und selektiven Rückbau – eine große Unterstützung für verschiedenste Akteursgruppen sein, wie z. B. Eigentümer\_innen, Architekturbüros, Bauunternehmen, Dienstleistungs- und Recyclingunternehmen oder örtliche Verwaltungen.

Auf Grundlage der verfügbaren Daten und Informationen aus dem digitalen Gebäudepass lassen sich gebrauchte Bauteile vermarkten und Lebenszyklusbetrachtungen von Gebäuden anfertigen, um Entscheidungsgrundlagen für die Umsetzung zirkulärer Baumaßnahmen zu schaffen. Insbesondere über die kontinuierliche dynamische Aufzeichnung von Gebäudeleistungsdaten (z. B. Renovierungsaktivitäten, Restwerte verbauter Materialien) und die simultane Bereitstellung von statischen Gebäudeinformationen (z. B. örtliche Lage des Gebäudes, Angaben zu Verbindungstechnologien, verbaute Materialien, Materialgesundheit) entlang des gesamten Lebenszyklus können Instandhaltungsmaßnahmen, ressourcenschonende Umbau- oder Umnutzungsprojekte oder selektive Rückbauprozesse transparent angestoßen und nachverfolgt werden (Schubert et al. 2023).

Dies setzt jedoch voraus, dass die im digitalen Gebäudepass enthaltenen Daten und Informationen so aufbereitet werden müssen, dass sie für verschiedene Akteursgruppen relevant, nützlich und verwertbar sind. Aufgrund der hohen

<sup>12</sup> Urban Mining betrachtet die Stadt als Lagerstätte für verarbeitete Sekundärrohstoffe. Der Begriff verweist auf Praktiken, die Sekundärrohstoffe sammeln, weiterverarbeiten und erneut in den Kreislauf bringen.

Komplexität und Individualität von Gebäuden ist die Etablierung eines standardisierten digitalen Gebäudepasses jedoch mit einer Vielzahl offener Fragestellungen verbunden, die durch die nationale und europäische Normung aktuell nicht abgedeckt sind, sodass es zum aktuellen Zeitpunkt kein einheitliches Vorgehen zur Entwicklung und zum Umgang mit digitalen Gebäudepass gibt (DIN/DKE/VDI 2023).

Folglich entstanden in den vergangenen Jahren mehrere kommerzielle Dienstleistungsangebote unterschiedlicher Anbieter\_innen zur systematischen Erstellung von digitalen Gebäudepass. Prominente Beispiele sind hierfür die Unternehmen Madaster und Concular, die jeweils die Gebäude sowie die darin enthaltenen Bauteile digital erfassen, in einem digitalen Gebäudepass bündeln und in einem Onlineregister langfristig abspeichern. Auf diese Weise erfassen Madaster und Concular wichtige Nachhaltigkeitsindikatoren wie den gebundenen Kohlenstoff, die Toxizität und das Wiederverwendungspotenzial der eingesetzten Materialien und Gebäudekomponenten sowie eine finanzielle Bewertung von Gebäuden und einzelnen Bauteilen. Darüber hinaus experimentieren die Unternehmen mit Onlinemarktplätzen, über die gebrauchte Bauteile auf Basis der erfassten Informationen vermarktet werden können. Aber auch unternehmensübergreifend wird versucht, die Entwicklung von digitalen Gebäudepass voranzutreiben. Hier zu nennen ist u. a. die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB), die in enger Abstimmung mit dem Ausschuss für Lebenszyklus und zirkuläres Bauen einen Vorschlag für ein standardisiertes Dokumentationsformat ausgearbeitet hat (DGNB 2023).

## HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE ZIRKULÄRE DATEN-GOVERNANCE

Die am Fachgespräch partizipierenden Expert\_innen haben die Initiativen zum Aufbau von digitalen Gebäudepass begrüßt, waren sich jedoch auch einig, dass ohne eine einheitliche Regulierung der offenen Fragestellungen eine flächendeckende und effiziente Etablierung des digitalen Gebäudepass kaum möglich ist. Sie beklagen fehlende einheitliche Datenstandards und einen Mangel an standardisierten Schnittstellen. Aufgrund der großen Vielfalt an Datenquellen und Informationen, die im digitalen Gebäudepass beachtet werden müssen, ist die Standardisierung von Datenformaten und -schnittstellen (z. B. Industry Foundation Classes – IFC) essenziell, um einen akteursübergreifenden Austausch von digitalen Informationen zu gewährleisten.

Derzeit führen fehlende Schnittstellen und die Anwendung unterschiedlicher Datenformate zu erheblichen Mehraufwänden. Der Informationsaustausch ist daher herausfordernd und teilweise nur auf Basis von Expert\_innenwissen möglich. Zentrale Vorgaben zu offenen Datenformaten und -standards bauen Unsicherheiten im Markt ab, fördern die Angleichung bislang individueller inkompatibler Lösungen und ermöglichen den akteurs-

übergreifenden Austausch entlang des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes (DIN/DKE/VDI 2023). Ohne eine einheitliche Regulierung der offenen Fragestellungen zum digitalen Gebäudepass ist eine großflächige und effiziente Etablierung dieses Hilfswerkzeuges kaum möglich.

In diesem Zuge bemängeln die Expert\_innen auch eine fehlende Datenöffnung und Intransparenz vonseiten der Herstellerunternehmen. So seien wichtige Informationen und Datenbestände zu Eigenschaften von Materialien und Gebäudekomponenten aktuell teils nicht verfügbar, teils unvollständig und häufig nicht maschinenlesbar. Durch eine Pflicht zur Offenlegung von Material- und Produktdaten können dagegen – auch unter Wahrung von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen – zuverlässige Bewertungen von Gebäuden zur Instandhaltung, zur Wartung, zur Materialrecyclingfähigkeit sowie zum Ressourcen- und Energieverbrauch durchgeführt werden. Für eine datengestützte zirkuläre Transformation des Gebäudesektors muss die aufzubauende digitale Infrastruktur so gestaltet werden, dass Material- und Gebäudeinformationen in bestmöglicher Weise zielgruppenspezifisch aufbereitet und entsprechend verfügbar gemacht werden.

## AUTOMOBILSEKTOR

Die Transformation des motorisierten Individualverkehrs auf emissionsärmere Antriebstechnologien schreitet aktuell voran. Neben einer allgemeinen Reduzierung des Verkehrsaufkommens und einer Erhöhung von multimodalen, automobilunabhängigen Mobilitätsangeboten ist eine zeitnahe Skalierung der auf den Straßen fahrenden Elektromobile von wichtiger Bedeutung. Mit dem Wechsel der Antriebstechnologie vom Verbrennungs- hin zum Elektromotor verschiebt sich voraussichtlich auch der größte Anteil des sozial-ökologischen Impacts von der Nutzungs- in die Produktionsphase eines Automobils.<sup>13</sup> Hier falle vor allem die energieintensive Extraktion von Rohstoffen unter teils menschenunwürdigen Bedingungen ins Gewicht (Kwade et al. 2020). Gleichzeitig gilt es für den Automobilsektor, Antworten auf die zunehmende Verknappung strategischer Metalle (z. B. seltene Erden) zu finden, die gerade in der Produktion von Lithium-Ionen-Batterien in hohen Mengen benötigt werden. Szenarien zufolge könnte sich der globale Bedarf an Lithium bis zum Jahr 2050 verzehnfachen (Buchert et al. 2019).

Folglich bedarf es in der Automobilbranche tiefgreifender struktureller Veränderungen, um eine zirkuläre Wertschöpfung zu erreichen: produktivitätssteigernde Mehrfachnutzungen durch Sharingangebote, nutzungszeitverlängernde Maßnahmen durch Reparatur, Refurbishment und Remanufacturing<sup>14</sup> oder das Recycling von Batterien und Elektrofahrzeugen sind notwendige Bedingungen für einen ökologischeren motorisierten Individualverkehr. Die

<sup>13</sup> Unter Voraussetzung eines länderspezifischen Strommix aus 100 Prozent erneuerbaren Energien.

<sup>14</sup> Refurbishment bezieht sich auf die qualitätsgesicherte Produktwiederaufbereitung in den Zustand von gebrauchten Produkten zum Zweck der Wiedervermarktung, wobei Remanufacturing die qualitätsgesicherte Produktwiederaufbereitung in den Zustand von neuen Produkten zum Zweck der Wiedervermarktung abdeckt.

zirkulär ausgerichtete Herstellung der Fahrzeuge beginnt bei einem zirkulären Produktdesign und geht über den Einkauf bis hin zu energieeffizienteren Produktionstechnologien (Buchert et al. 2019). In jedem Fall ist eine unternehmensübergreifende Orchestration der Wertschöpfungsnetzwerke nötig, die auf reibungslos fließenden, digitalen Informationsflüssen aufbauen muss.

## DATEN UND DIGITALE INFRASTRUKTUREN FÜR EINE TRANSFORMATION DES AUTOMOBILSEKTORS

Im Fachgespräch zum Automobilsektor wurden insbesondere zwei Initiativen zum Teilen von Produktdaten vorgestellt und diskutiert: der Battery Pass (Acatech 2023), ein digitaler Produktpass für Batterien, und das Projekt Catena-X, welches zukünftig als Datenökosystem für die Automobilbranche dienen soll.

Das Verbundprojekt Battery Pass zielt auf eine zirkuläre Konfiguration des Batterielebenszyklus, um die sozial-ökologischen Kosten der Rohstoffgewinnung sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen entlang der komplex verflochtenen Produktionsstufen zu reduzieren. Das vom Bundeswirtschaftsministerium finanzierte Konsortium aus Industrieunternehmen, Forschungseinrichtungen und Dienstleistungsunternehmen in den Bereichen Open-Source-Software und Batterieanalytik soll branchenübergreifende technische und inhaltliche Standards für einen digitalen Batteriepass gemäß den Vorgaben der EU-Batterieverordnung (Rat der Europäischen Union 2023) entwickeln. Inhaltlich umfasst der Batteriepass statische Informationen zu technischen Spezifikationen, Zertifizierungen, verbauten Rohstoffen, gesundheitsschädlichen Substanzen sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen, aber auch dynamische Informationen über den aktuellen Verschleiß oder die Anzahl der bisherigen Ladezyklen. In technischer Hinsicht sollen die Batteriepässe zukünftig über entsprechende Dateninfrastrukturen abgerufen werden können, z. B. über eine offen zugängliche digitale Plattform (Kwade et al. 2020).

Dabei soll vor allem die Interoperabilität der Produktdaten zwischen verschiedenen Ökosystemakteur\_innen bzw. eine nahtlose Dokumentation des „Batterielebens“ sichergestellt werden, weshalb viele potenzielle Ökosystemakteur\_innen in der Entwicklung des Batteriepasses partizipieren. Nicht zuletzt aufgrund der staatlichen Initiierung des Verbundprojekts wird grundsätzlich ein breites Feld an Stakeholder\_innen einbezogen, wengleich sich das Konsortium im Wesentlichen aus großen Konzernen und Beratungsagenturen zusammensetzt.

Das zweite nationale industrielle Leuchtturmprojekt für den Austausch von Produktdaten im Automobilsektor ist Catena-X, das federführend von Großunternehmen ins Leben gerufen wurde (Catena-X 2023a). Das Ziel von Catena-X ist die Schaffung eines „offenen“ Datenökosystems für Wertschöpfungsnetzwerke mit einer durchgängigen digitalen Dokumentation von Produkten und Materialien, um beispielsweise die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu ermitteln oder die Nachverfolgung von Fahrzeugkomponenten entsprechend des 2021 erlassenen deutschen Lieferkettengesetzes (LkSG) zu organisieren. Ein standardisierter Datenaustausch und

die Anwendung von gemeinsam genutzten Applikationen sollen dabei die Datenweitergabe, -verwertung und -auswertung akteursübergreifend gewährleisten. Das technische Fundament von Catena-X baut auf Open-Source-Lösungen auf, die den Vorarbeiten zu GAIA-X und der International Data Space Association (IDSA) entspringen und großen Wert auf die Datensouveränität der beteiligten Unternehmen legen. Dementsprechend orientiert sich das Catena-X-Projekt stark am Ansatz der selektiven Transparenz, das heißt, dass lediglich jene Ökosystemakteur\_innen auf sensible Informationen zugreifen dürfen, die von den Herstellerunternehmen dazu berechtigt werden. In den Worten des Catena-X-Konsortiums bedeutet das: „Wer Daten zur Verfügung stellt, behält die Kontrolle und entscheidet individuell, wer am Datenaustausch wie, wann, wo und unter welchen Bedingungen beteiligt wird“ (Catena-X 2023b).

## HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE ZIRKULÄRE DATEN-GOVERNANCE

Im Fachgespräch zum Automobilsektor zeigten sich unterschiedliche Auslegungen von „Offenheit“ in Bezug auf eine Dateninfrastruktur. So streben die großen Automobilhersteller im Catena-X-Kernkonsortium eine umfassende und zumeist exklusive Kontrolle über ihre Produktdaten an, was die nach außen kommunizierte „Offenheit“ des Datenökosystems teilweise einschränkt. Beispielsweise sieht das Catena-X-Regelwerk vor, dass ein Datenaustausch grundsätzlich nur über den Abschluss von Verträgen möglich ist. Dies ist insofern problematisch, da eine strikt ausgelegte Datenkontrolle, wie es Catena-X verfolgt, die Datenzugriffsrechte von Dritten einschränken kann, z. B. von herstellerunabhängigen Reparaturwerkstätten, die zirkuläre Dienstleistungsservices für Elektrofahrzeuge anbieten könnten. Als unerwünschter Nebeneffekt könnte ein hohes Maß an Datenkontrolle die Entstehung neuer zirkulärer Geschäftsmodelle verhindern und Markteintrittsbarrieren stabilisieren. Die Idee, durch offene zirkuläre Ökosysteme neue ökonomische Anreize für ökologisches und zukunfts-fähiges Wirtschaften zu schaffen, wird dadurch unterlaufen.

Die Kritik an der Exklusivität von Catena-X wurde darüber hinaus begleitet durch eine Sorge bezüglich der asymmetrischen Organisationsstruktur des zugrunde liegenden Vereins: Das Kernkonsortium mit den großen Automobilherstellern dominiere hier über die 144 kleineren, teilnehmenden Unternehmen aus der Zulieferbranche und treffe wesentliche Entscheidungen bezüglich der gemeinsamen Dateninfrastruktur einseitig und intransparent. Während die Teilnehmenden des Fachgesprächs dies einerseits als „Zweiklassengesellschaft“ kritisierten, wurde andererseits auch auf die Notwendigkeit einer handlungsfähigen Kerngruppe verwiesen, die den Aufbau der Dateninfrastruktur zügig vorantreibt.

## ELEKTRO- UND ELEKTRONIKSEKTOR

Im dritten Fachgespräch standen Konsumgüter aus dem Elektro- und Elektroniksektor im Fokus, das heißt insbesondere Haushaltsgeräte und Produkte aus der Informa-

tions- und Kommunikationstechnologie (IKT) wie Fernseher, Smartphones, Computer, Waschmaschinen oder Küchengeräte. Diese Elektronikprodukte verursachen enorme ökologische Kosten: Zunächst benötigen sie große Mengen an kritischen Metallen, die häufig mit der Zerstörung komplexer Lebensräume und der Ausbeutung und Unterdrückung von Menschen im Globalen Süden einhergehen. Hinzu kommen die tendenziell abnehmenden Nutzungsdauern von Elektronikgütern, die in den vergangenen Jahren zu beobachten sind. Nutzer\_innen tätigen einen Neukauf, obwohl das aktuelle Gerät noch oder zumindest teilweise funktionsfähig ist und es eigentlich über eine längere technische Lebensdauer verfügt (UBA 2016). Die Gründe für die Kaufentscheidung können vielschichtig sein: Modetrends, hoher Zeitaufwand und mangelnde Fähigkeiten, Reparaturen und Instandhaltung selbst durchzuführen, übertriebene Ersatzteile, mangelhafter Herstellerservice etc. Obwohl sich Recyclingverfahren kontinuierlich weiterentwickeln, ist der Werteverlust wichtiger und hochwertiger Materialien während des Wiederverwertungsprozesses verhältnismäßig hoch, da sie angesichts der komplexen Produktzusammensetzungen mit anderen Stoffen kontaminiert sind und die Rückführung in ihre ursprünglichen Stoffeigenschaften nur mit großem technischen sowie energetischen Aufwand zu realisieren ist (Prakash et al. 2023). Folglich fallen große Mengen Elektronikmüll an, der häufig illegal exportiert und nicht fachgerecht entsorgt wird, sodass Menschen und Natur toxischen Chemikalien ausgesetzt werden (Meloni et al. 2018).

Zur Reduktion dieser hohen ökologischen Kosten werden im Elektronikbereich verschiedene Strategien verfolgt: Zunächst gilt ein ressourceneffektives, zirkuläres Produktdesign als zentraler Ansatzpunkt zur Verwirklichung einer zirkulären Transformation von Elektronikgütern. So kann ein auf Reparierbarkeit, Modularität und Anpassungsfähigkeit zugeschnittenes Design dazu beitragen, dass Produkte einfacher zu reparieren sind und Produktkomponenten intensiver genutzt werden können. Eine frühzeitige Einbettung von zirkulären Designprinzipien in den Produktentwicklungsprozess ist von entscheidender Bedeutung, da nach der Definition von Produkteigenschaften und der Festlegung von Nutzungsszenarien und -kontexten nur noch geringfügige Änderungen am Produkt möglich sind. Ein weiterer Ansatz besteht darin, die Produktnutzungsdauern von Elektronikprodukten maximal zu verlängern, da der größte negative Einfluss auf natürliche Ökosysteme in der Herstellungs- und Entsorgungsphase entsteht (Ramesohl et al. 2022). So können Unternehmen durch zugeschnittene Dienstleistungsangebote beim sorgfältigen und langlebigen Produktgebrauch unterstützen, z. B. durch Wartung- und Reparaturservices, dem Angebot von Ersatzteilen und wiederaufbereiteten Produkten oder durch Kompetenz- und Wissenstransfer. In diesem Sinne gilt es auch, die Produktnutzungsintensität durch Ge-

schäftsmodellinnovationen zu maximieren, u. a. durch innovative PaaS-Geschäftsmodelle. Geschäftsmodelle im Elektroniksektor mit dem Zweck der Steigerung von Produktnutzungsraten charakterisieren sich vorwiegend dadurch, dass ihr Angebot zeitlich begrenzt und gemeinschaftlich von mehreren Nutzer\_innen in Anspruch genommen wird. Die Geschäftsmodelle basieren auf Leasing, Vermietung, Verleihung oder Pooling, sodass Eigentum und Besitz nicht mehr Voraussetzung für die Inanspruchnahme der Produktfunktionalität sind. Auf diese Weise kann das Prinzip „(noch mal) nutzen statt besitzen“ zu einer absoluten Reduktion des materiellen Konsumvolumens führen, wenn dadurch der Kauf von Neuprodukten vermieden wird (Jaeger-Erben/Hofmann 2019).

## DATEN UND DIGITALE INFRASTRUKTUREN FÜR ZIRKULÄRE GESCHÄFTSMODELLE IM ELEKTRO- UND ELEKTRONIKSEKTOR

Neben hardwarebedingten Herausforderungen, wie z. B. hohe Ersatzteilpreise, auf Irreparabilität ausgelegtes Produktdesign oder fehlender Zugang zu Ersatzteilen, verhindern zunehmend auch softwarebasierte Geschäftspraktiken der Herstellerunternehmen eine effektive Circular Economy im Elektroniksektor: Die Praxis der Serialisierung<sup>15</sup>, die Abschaltung von Cloudservices, fehlende Sicherheitsupdates bei älteren Geräten sowie fehlende Informationen zur Reparatur und Ersatzteilbeschaffung erschweren die nachhaltige Nutzung und Wiederaufbereitung von Elektronikprodukten (Runder Tisch Reparatur 2022).

Gleichwohl kann die zunehmende Digitalisierung auf Produkt- und Geschäftsmodellebene auch zu einer Überwindung von Barrieren für zirkuläre Wertschöpfung im Elektroniksektor beitragen. Insbesondere digitale Plattformen werden dabei als wichtige technologische Enabler verstanden, um den Austausch und die Bereitstellung von Informationen sowie das Abwickeln wirtschaftlicher Transaktionen zu erleichtern. Einerseits können dadurch Anbieter\_innen und Nachfrager\_innen von Reparatur- und Wartungsdienstleistungen (z. B. MeinMacher.de), Ersatzteilen (z. B. Kleinanzeigen.de oder Ifixit.com) und wiederaufbereiteten Secondhandgeräten (z. B. afbshop.de oder refurb.de) zusammengeführt werden. Andererseits stärken digitale Sharing-Plattformen die kollaborative und gemeinschaftliche Nutzung von Elektro- und Elektronikprodukten und steigern somit ihren Nutzungsgrad (z. B. nebenan.de). Insbesondere plattformbasierte Onlinemarktplätze sind bei der Vermittlung von Reparaturdienstleistungen und Wiederaufbereitungsprozessen von besonderer Bedeutung, da sie neue Formen der Kollaboration zwischen unabhängigen Unternehmen sowie eine Orchestrierung von Servicekapazitäten, Materialien und Ersatzteilen organisieren können. Beispielsweise können auf der von FixFirst (FixFirst.io) entwickelten und betriebenen Matching-Plattform Kund\_innen mithilfe einer virtuellen

<sup>15</sup> Herstellerunternehmen versehen Komponenten mit einer eindeutigen Seriennummer, die mit anderen Komponenten des Geräts gekoppelt sind. Wird aufgrund eines Defekts eine Komponente ausgetauscht, so kann es sein, dass die Gerätesoftware die Ersatzkomponente mit einer anderen Seriennummer nicht akzeptiert. Es sei denn, es erfolgt eine erneute Kopplung über die Freischaltungssoftware des Herstellerunternehmens.

Inspektion eine Fernberatung ihres defekten Geräts wahrnehmen. Zusätzlich wird ein Matching mit regionalen Unternehmen ermittelt, die Abwicklung von Vertragsmodalitäten übernommen sowie eine schlanke Auftragsabwicklung von Reparatur- und Wartungsservices ermöglicht. Die SHIFT GmbH hat es sich zum Ziel gemacht, langlebige und modulare digitale Endgeräte zu entwickeln. Das gemeinwohlorientierte Start-up intendiert mit seinem Ansatz des zirkulären Produktdesigns, sozial-ökologische Lösungsansätze für die stark oligopolistisch geprägten Märkte im Bereich Smartphones, Tablets und Laptops aufzuzeigen. Die Nutzer\_innen ihrer Produkte können jederzeit das Betriebssystem des Geräts anpassen, den Arbeitsspeicher erweitern und Akkus sowie Displays mit wenigen Handgriffen austauschen. Infolge der mehrjährigen Verfügbarkeit von Ersatzteilen und Onlinetutorials werden Nutzer\_innen dazu befähigt, ihre Geräte selbst zu reparieren. Nicht zuletzt versucht SHIFT, Transparenz in den Bereichen sozial-ökologische Schadschöpfung im Produktionsprozess, Lieferantennetzwerke und unternehmensinterne Investitionsentscheidungen zu schaffen (Hofmann et al. 2021).

## HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE ZIRKULÄRE DATEN-GOVERNANCE

Im Elektroniksektor ist die Festlegung auf einheitliche und verbindliche Standards zu Datenformaten und -schnittstellen eine der wichtigsten Herausforderungen zur Schaffung von zirkulären Ökosystemen mithilfe von Produktdaten. So verhindern fehlende Daten- und Schnittstellenstandards die Verfügbarkeit von Informationen über den Zustand gebrauchter, reparierter und wiederaufbereiteter Geräte, wodurch das Vertrauen in und das Kaufinteresse von gebrauchten Elektronikprodukten zusätzlich abnimmt. Zudem verhindert die restriktive Weitergabe von Informationen über die Verfügbarkeit von Ersatzteilen, von Wiederaufbereitungs- und reparaturrelevanten Wissensbeständen oder von digitalen 3D-Modellen zum Nachdruck von Ersatzteilen die Skalierung von Geschäftsmodellen mit Fokus auf Reparatur- und Wiederaufbereitungsprozessen.

Darüber bestehen erhebliche Machtasymmetrien entlang des Wertschöpfungsprozesses, die eine nachhaltige Transformation in der Elektronikbranche behindern. So mangelt es grundlegend an Informationen über die ökologischen Kosten der im Ausland produzierten Vorprodukte von Elektronikgütern. Neben einem problematischen Abkündigungsmanagement von elementaren Produktersatzteilen durch Lieferant\_innen und die teils monopolistische Marktmacht globaler Player in der Komponentenherstellung (z. B. CPUs oder Leiterplatten) ist insbesondere die Rohstoffextraktion von Erzen und Metallen im Globalen Süden sehr intransparent und schwer zu kontrollieren. Aber auch die Gerätehersteller\_innen und Produzent\_innen von Elektronikprodukten blockieren eine effektive

Transformation in Richtung Circular Economy durch die Praxis der Serialisierung, intransparente Wertschöpfungsprozesse, die Abkündigung von Ersatzteilen nach wenigen Jahren oder reparaturunfreundliches Produktdesign. Entgegen dieser Machtkonzentration bei wenigen Akteur\_innen sollten Unternehmen, die ihr Geschäftsmodellportfolio auf das Reparieren, Refurbishment, Remanufacturing oder Upgrading von Elektro- und Elektronikprodukten sowie auf PaaS-Modelle auslegen (siehe Hansen et al. 2021 für weitere beispielhafte Geschäftsmodellinnovationen in diesen Bereichen), in die Lage versetzt werden, auf originale Ersatzteile, auf 3D-Modelle zum Nachdruck von Komponenten und auf Software- und Hardware-Tools zugreifen zu können, um die volle Funktionsfähigkeit von wiederaufbereiteten Produkten zu gewährleisten (González-Varona et al. 2020).

## TEXTILSEKTOR

Im Fachgespräch zum Textilsektor wurden insbesondere die Herstellung von Kleidungsstücken, Heim- und Haus-textilien sowie technische Textilien für den Einsatz im Industrie- und Dienstleistungssektor besprochen. Die textilen Produktionsnetzwerke sind stark global verteilt und führen zu gravierenden negativen Auswirkungen auf Menschen und Natur. Als wesentliche Ursache dafür wird die Absatzstrategie der „Fast Fashion“ bzw. der „Ultrafast Fashion“ diskutiert, welche sich auf die Produktpolitik dominierender Marktakteure wie Zara, H&M, Primark, KiK oder Shein zurückführen lässt. Kund\_innen sollen durch wöchentlich neuerscheinende Kollektionen und niedrige Preise zum schnellstmöglichen Wiederkauf animiert werden. So hat sich die Zahl der weltweit verkauften Kleidungsstücke zwischen 2000 und 2015 mehr als verdoppelt, wobei gleichzeitig die Tragedauer stetig abnimmt (Greenpeace 2017). In Deutschland kauft jede Person ca. 60 Kleidungsstücke im Jahresdurchschnitt (Greenpeace 2020). Die Folgen von „Ultrafast Fashion“ sind wissenschaftlich und medial gut dokumentiert: systematische Ausbeutung von Produktionsmitarbeiter\_innen in den Ländern des Globalen Südens, der gigantische Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Emissionen, der enorme Wasserverbrauch in geografischen Gebieten, in denen Wasserknappheit vorherrscht, der Eintrag von toxischen und persistenten Chemikalien in natürliche Ökosysteme (Stichwort: PFAS, per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) sowie die Belastung durch Mikroplastik, das bei jedem Waschgang von günstigen Kunstfasern in die Wasserkreisläufe gelangt. Entsprechend besteht eine zentrale Herausforderung darin, durch Rückführungslogistik und Recycling den Stoffkreislauf von Textilien zu schließen.<sup>16</sup> Dabei existiert in Deutschland bereits eine vergleichsweise gut ausgebaute Infrastruktur zum Sammeln von gebrauch-

<sup>16</sup> Weitere sinnvollere CE-Prinzipien sind das Teilen (Sharing), der Weiter- und Wiederverkauf, das Tauschen oder das längere Tragen von Kleidungsstücken (unter Berücksichtigung von Praktiken, wie z. B. das Flickern von Löchern), um einen absoluten Rückgang der Produktionszahlen zu erwirken. Da sich das fünfte Fachgespräch der vorliegenden Studie auf die Produktlebensphase des Recyclings und die damit einhergehenden Rückwärtslogistiksysteme im Textilsektor konzentrierte, wurden die vorher genannten CE-Prinzipien, die sich unter der Slow-Fashion-Bewegung subsumieren lassen, nicht eingehender betrachtet.

ten Textilien, über die schätzungsweise 1 Million Tonnen Textilien pro Jahr gesammelt werden (Wagner et al. 2022). Nur ein Bruchteil davon wird als Secondhandkleidung wiederverwendet. Allerdings stoßen gegenwärtige Recyclingtechnologien an unterschiedliche organisationale und verfahrenstechnische Hürden, sodass ein Teil der gesammelten und ausrangierten Alttextilien als Ausgangsstoffe für Putzlappen, Dämmmaterialien, Füllstoffe oder Malervlies dem Downcycling zugeführt und der andere, größere Teil thermisch verwertet bzw. verbrannt und deponiert wird. Die Hürden, die als Ursache für die niedrigen Recyclingquoten im Textilsektor festgemacht werden können, sind vielfältig und nicht anhand eines Kriteriums bestimmbar. Sie haben ihren Ursprung aber oft darin, dass die meisten Textilien so designt sind, dass ihre Bestandteile nicht in Kreisläufen geführt werden können: heterogene und nur mit großem Aufwand trennbare Materialströme, Fasermischungen aus Natur- und Kunstfasern, deren stoffliche Trennung an technologische Grenzen stößt, hoher Qualitätsverlust beim Recycling von reinen Baumwoll- und Wolltextilien oder unzureichende Informationen zur stofflichen Zusammensetzung (Gimkiewicz et al. 2022).

## DATEN UND DIGITALE INFRASTRUKTUREN ALS HEBEL ZUR SCHLISSUNG VON STOFFKREISLÄUFEN

Die an den Fachgesprächen beteiligten Expert\_innen schätzen, dass durch eine verbesserte Produkttransparenz – insbesondere in Verbindung mit einem zirkulären Produktdesign – die Reuse- und Recyclingquoten von Textilien in den nächsten Jahren maßgeblich erhöht werden können. Auch hier sei ein weithin anerkannter und standardisierter Datensatz zu jedem Kleidungsstück hilfreich, um sowohl Rückwärtslogistiksysteme als auch die Recyclingfähigkeit von Textilien im großen Maßstab zu fördern. Beispielsweise ermöglicht es der von circular.fashion entwickelte „circularity.ID Open Data Standard“ den Textilersteller\_innen, ihre Produktinformationen in einem Format zu übermitteln, das von einer Vielzahl von Softwareanwendungen genutzt werden kann (circular.fashion 2021). Dieser digitale Produktpass für Kleidung enthält einerseits einen unveränderlichen Datensatz mit Informationen zu Materialzusammensetzung und chemischen Komponenten und andererseits einen variablen und adaptiven Datensatz, für die Beschreibung von durchgeführten Wiederaufbereitungsmaßnahmen, Verbraucherinformationen zur nachhaltigen Nutzung oder zu aktuellen Serviceangeboten zur Produktpflege. Hilfreich ist hier ein NFC-Chip (Near Field Communication), der in einem Knopf integriert oder direkt im Stoff eingewebt werden und auf diese Weise Informationen senden kann. Durch das Auslesen dieses Chips – beispielsweise über einen „intelligenten Sortiertisch“ – können in kürzester Zeit wesentliche Merkmale des Textils ausgelesen und bewertet werden, sodass der gesamte Sortierprozess effizienter gestaltet und wertvolle Kleidungsstücke gezielt wiedervermarktet werden können.

Der circularity.ID-Produktpass von FairWertung und circular-fashion wird bereits in einem Projekt namens

„Closed Loop Pilot“ (FairWertung 2021) in Kollaboration mit mehreren Herstellerunternehmen sowie Sortier- und Recyclingunternehmen im größeren Umfang erprobt. Im Rahmen des Piloten entwickeln und vermarkten die partizipierenden Herstellerunternehmen diverse Textilprodukte, die mit der oben eingeführten circularity.ID ausgestattet werden. Nach der Nutzungsphase sollen die Produkte den Textilsortierern zurückgeführt werden, um mithilfe einer speziell auf die ID abgestimmten Sortiermaschine die Produktgeschichte, Materialzusammensetzung sowie dynamische Wiedervermarktungsinformationen direkt auszulesen und automatisch Sortierfraktionen zuzuführen. Die beteiligten Ökosystemakteur\_innen erhoffen sich durch die Sammlung von organisationsübergreifenden Praxiserfahrungen fundiertere Wissensbestände über die Erfolgsfaktoren zur Konfiguration von Stoffkreisläufen. Auf Basis der Produkt-ID und des verbesserten Sortierprozesses sollen hochwertigere Wiederverwendungs- und Recyclingfraktionen entstehen.

Produktspezifische Identifikationstechnologien im Textilsektor werden ebenfalls vermehrt bei Arbeitskleidung im Gesundheitswesen, in der Gastronomie oder in der Industrie verwendet. So entwickelte Sitex einen Ansatz, der vor allem im Bereich der internen Rückwärtslogistik zum Einsatz kommt. So ermöglicht das unternehmensinterne entwickelte Textilidentifikationsverfahren, aufbauend auf der RFID-Technologie, ein reibungsloses und bedarfsgerechtes Rückführungslogistiksystem. Sitex liefert hygienisch aufbereitete Textilien in regelmäßigen Zyklen an Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime und Kund\_innen aus Industrie und Handel. Eine sensible Überwachung und Steuerung der eingesetzten Textilien bilden hier die Basis, um in Echtzeit auf die Bedürfnisse ihres Kundenstamms flexibel einzugehen und eine automatisierte Aufbereitung und Wiederverwendung der Arbeitskleidung zu gewährleisten.

## HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE ZIRKULÄRE DATEN-GOVERNANCE

Angesichts des frühen Entwicklungsstadiums digitaler Produktpässe im Textilsektor sind die Herausforderungen vielfältig. Bisher zeichnen sich keine Produktpassinitiativen ab, die bereits ausreichend groß und anerkannt sind, um als einheitlicher Standard zu dienen. Stattdessen existieren nur wenige kleine Lösungen, die auf individuellen Ansätzen einzelner Betriebe und Unternehmen basieren (z. B. Sitex). Datenstandards und standardisierte Schnittstellen sind in den genutzten Softwaresystemen nicht vorgesehen, sodass ein akteursübergreifender, interoperabler Datenaustausch nicht im großen Stil möglich ist. Es droht folglich eine Situation, in der viele nebeneinander entwickelte und nicht aufeinander abgestimmte Datenstandards das ausgesprochene Ziel der datengestützten Circular Economy konterkarieren. Es gilt daher, die bestehenden Initiativen zur Entwicklung von Produktpässen im Textilbereich zu öffnen und mithilfe normierter Vorgaben zu technischen und inhaltlichen Datenstandards miteinander zu verknüpfen.

Darüber hinaus stellen bewusste Falschangaben und unzureichende Kontrolle der Produktkennzeichnung be-

reits seit längerer Zeit ein Problem im Textilsektor dar (Regierungspräsidium Tübingen 2022). Grundsätzlich ist die korrekte Angabe der in den Textilien verwebten Faserzusammensetzungen eine entscheidende Voraussetzung für automatisierte Sortierprozesse und effektives Textilrecycling. Zwar existiert seit 2012 die EU-Textilkennzeichnungsverordnung (TextilKVO) und seit 2016 das Textilkennzeichnungsgesetz (TextilKennzG), die beim Vertrieb

von Textilien beachtet werden müssen. Nach wie vor sind Falschangaben und fehlende Informationen zur Faserzusammensetzung jedoch eher die Regel als die Ausnahme, trotz drohender Abmahnungen oder Bußgeldzahlungen. Nötig ist daher ein schneller Ausbau von Marktüberwachungsbehörden und Kontrollinstanzen, die sicherstellen, dass die im produktspezifischen Datensatz enthaltenen Informationen korrekt angegeben werden.

## 4 EVALUATION UND POLITISCHER KONTEXT

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Fachgespräche zusammengeführt und miteinander verglichen. Dabei werden bestehende Initiativen zur kreislaufwirtschaftsfördernden Nutzung von Produktdaten evaluiert und in den Kontext der europäischen Regulierung zum digitalen Produktpass gestellt.

### WIE KÖNNEN PRODUKTDATEN DIE TRANSFORMATION UNTERSTÜTZEN?

Im Vergleich der vier untersuchten Sektoren lassen sich zahlreiche Gemeinsamkeiten erkennen. Die wichtigste Erkenntnis dabei ist, dass sich bereits in allen vier Sektoren verschiedene Akteursgruppen herausgebildet haben, die das Ziel einer datengestützten Circular Economy teilen. Insbesondere der Austausch von Daten und das Teilen von Produktinformationen mithilfe digitaler Produktpässe gilt dabei sektorübergreifend als zentraler Hebel, um neue Geschäftsmodelle und Kollaborationen zwischen allen beteiligten Akteur\_innen in zirkulären Ökosystemen (Lieferant\_innen, Herstellerunternehmen, Refurbisher, Remanufacturer, Reparaturbetriebe, Recyclern und Konsument\_innen) zu fördern. Im Ergebnis entstehen über die Sektorengrenzen hinweg ähnliche Nutzungsszenarien von Produktdaten, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

— **Nachhaltige Beschaffung und Produktdesign durch ökologische Transparenz entlang der Lieferkette:** Unternehmen erhalten bessere Informationen über ihre Vorprodukte und können so die Prinzipien von Zirkularität, Materialgesundheit und Nachhaltigkeit bereits in der Planungsphase bzw. beim Produktdesign konkreter berücksichtigen. Gerade bei komplexen Produkten

mit Tausenden Vorprodukten können digitale Produktpässe dabei helfen, die Produktinformationen der einzelnen Bauteile maschinell zu verarbeiten und in neuen DPPs zu bündeln. Auf diese Weise wird eine realistische Darstellung der ökologischen Kosten von Produkten möglich und reparierte und wiederaufbereitete Produkte können besser wertgeschätzt werden.

- **Verbesserte Sekundärnutzung („Reuse“, „Second-hand“) von Produkten:** Standardisierte Produktinformationen machen die Werte sichtbar, die in gebrauchten Produkten und Bauteilen gebunden sind. Die Identifikation von Produkten sowie Angaben zu enthaltenen Materialien erleichtern die Bewertung und den Vertrieb von Gebrauchsgütern, sodass diese als Vehikel für andere Geschäftsmodelle dienen können.
- **Längere Produktlebensdauer durch Bereitstellung von Reparatur- und Wartungsinformationen:** Produktdaten mit Anleitungen zur Reparatur von Produkten bzw. zum Austausch einzelner Komponenten befähigen professionelle Reparaturbetriebe sowie Nutzer\_innen zu selbstständigen Wartungs- und Reparaturarbeiten. Informationen zur Verfügbarkeit von Ersatzteilen sowie die Bereitstellung von 3D-Modellen zum ressourcenarmen Nachdrucken von Ersatzteilen können das Nutzungsende von Produkten hinauszögern und so die Materialeffizienz erhöhen.
- **Höhere Recyclingquoten:** Produktdaten mit Informationen über Art und Mengen der enthaltenen Materialien in Produkten, chemische Substanzen sowie Angaben zu empfohlenen Recyclingverfahren erlauben eine digital gestützte Separierung von Produkten nach ent-

haltenem Materialmix. Dadurch können Recycler die Produkte kostengünstiger sammeln, zerlegen und sortieren, einschmelzen, wiederaufbereiten und als Sekundärrohstoffe verfügbar machen.

- **Befähigung von Nutzer\_innen zur ökologisch bewussten Konsumententscheidung und Produktnutzung:** Standardisierte Angaben zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck sowie zur Reparatur- bzw. Rezyklierbarkeit von Produkten können Produktnutzer\_innen dabei unterstützen, neben Preis, Design und Funktionalität auch Nachhaltigkeitsinformationen stärker zu berücksichtigen. Insbesondere E-Commerce-Plattformen sollten die ökologischen Kosten aus dem DPP prominent anzeigen. Durch Informationen zur Pflege und Rückgabe können Nutzer\_innen zudem einen aktiven Beitrag zur Steigerung der Materialeffizienz leisten.
- **Unterstützung der Behörden bei der Implementierung zukünftiger Produktregulierung:** Durch die Bündelung von Produktinformationen in digitalen Produktpässen können Hersteller\_innen ihren Nachweispflichten leichter und mit weniger Bürokratie nachkommen. Beispielsweise kann die Einhaltung gesetzlich vorgeschriebener Materialqualitäten, Emissionsgrenzen und Vorgaben zur Produktlebensdauer auf diesem Wege in einem Datensatz zusammengefasst und von unabhängigen Kontrollinstanzen überprüft werden.
- **Bessere Entscheidungsfindung durch die Analyse umweltbezogener Produktdaten:** Die Bündelung von DPPs in einem „Produktpass-Register“ erlaubt in neuem Umfang Big-Data-Analysen für eine bessere ökologische Transparenz von Produktmärkten. Einerseits können aggregierte Informationen zu anfallenden Sekundärmaterialien die Gestaltung und Etablierung zirkulärer Geschäftsmodelle begünstigen. Andererseits können Forschung und Wissenschaft Daten zur Dauer von Nutzungszyklen, Ressourcenverbräuchen und Emissionen auswerten und Feedback zu alternativen Entwicklungsszenarien und Einsparpotenzialen geben.
- **Stärkung von Kollaboration und Resonanz im Wertschöpfungsökosystem:** Über DPPs versammeln sich verschiedene Akteur\_innen um Gegenstände, Materialien und Ressourcen, um über die eigenen Verwertungsabsichten hinausgehend die Effizienz und Konsistenz der Wertschöpfung zu verbessern. Auch wenn es hier konfligierende Interessen und Absichten geben kann, Transaktionskosten entstehen können und Kollaborationshemmnisse abgebaut werden müssen, ist die langfristige Wirkung des DPPs bei der Herstellung von Beziehung und Resonanz und dem Entstehen eines nachhaltigkeitsorientierten „Common Ground“ nicht zu unterschätzen.

- **Erweiterung und Transzendenz von Wertbegriffen:** Der DPP kann potenziell eine Vielfalt von Informationen zur Verfügung stellen, die auf die jeweiligen Verwertungsabsichten und Wertdefinitionen der Wertschöpfungsakteur\_innen zugeschnitten sind. Damit entsteht ein ganzheitliches Bild der vielfältigen Wertigkeiten von Produkten, ihren Komponenten und Materialien, das weit über den Tauschwertfokus der gegenwärtigen Marktwirtschaft hinausgeht.

## WELCHE PRODUKTDATEN WERDEN BENÖTIGT?

Damit diese Nutzungsszenarien eintreten können, müssen Produktinformationen in standardisiertem Format erhoben und als digitaler Datensatz bereitgestellt werden. Dazu wurden in den Fachgesprächen insbesondere die verschiedenen Datenkategorien diskutiert. Es wurde keine finale Empfehlung entwickelt, in Anlehnung an die fortgeschrittene Entwicklung zum Batteriepass (Battery Pass consortium 2023), sollten die folgenden Datenkategorien aber als Orientierung für weitere Diskussionen dienen:

- **Allgemeine Produktinformation:** eindeutige und maschinenlesbare Produkt-ID (digitale Identität), Produktkategorie, Herstellerinformationen, Fertigungsdatum.
- **Technische Spezifikation:** Abmessungen, Leistungsparameter.
- **Konformität, Etiketten, Zertifizierungen:** CE, Normen, Zertifikate, Produktkennzeichnungen.
- **Materialzusammensetzung:** Massenangaben zu enthaltenden Rohmaterialien, Prozesschemikalien und -materialien, additiven und gefährlichen Substanzen.
- **Nachhaltigkeitsindikatoren:** CO<sub>2</sub>-Fußabdruck (Scope 1, 2, and 3), Wasserverbrauch, Effekte auf Biodiversität, Sorgfaltspflichten, Nachweise, Herkunft kritischer Rohmaterialien, Sozialstandards und Arbeitsbedingungen.
- **Zirkularität und Ressourcennutzung:** Kreislauffähigkeit der eingesetzten Materialien, Reparatur- und Wartungsanleitungen, Demontageanleitungen, Ersatzteilinformationen, Rezyklatanteil, Hinweise zu Pflege und Rückgabe, Angaben zum Recyclingverfahren.
- **Nutzungsinformationen (dynamische Daten):** Zustand (Verschleiß), negative Ereignisse (Temperatur), Historie (Anzahl Ladezyklen, Nutzungsdauer).

## DREI TYPEN VON DATEN-GOVERNANCE-MODELLEN

In allen vier untersuchten Sektoren haben sich bereits zahlreiche Akteur\_innen auf den Weg gemacht und eigene technische Dateninfrastrukturen und -standards entwickelt, um das Teilen von Produktdaten zu fördern. Dabei lassen sich drei Typen von Produktdaten-Initiativen unterscheiden, in denen jeweils distinkte Akteurskonstellationen und Daten-Governance-Strukturen vorherrschen:

- **Proprietäre Plattformen:** Junge Start-ups aus der IT-Branche stellen technische Infrastrukturen zum Teilen von Produktdaten als Dienstleistung bereit (bspw. Madaster, Concular, Kleinanzeigen, rebuy, FixFirst). Es handelt sich meist um digitale Marktplätze, auf denen die Teilnehmenden gebrauchte Produkte, Komponenten, Sekundärrohstoffe oder Informationen bereitstellen und verkaufen. Technisch betrachtet basieren sie auf zentralisierten Daten-Governance-Modellen mit proprietären Schnittstellen unter exklusiver Kontrolle der Plattformanbieter\_innen.
- **Unternehmerische Entwicklungspartnerschaften:** Mehrere etablierte Unternehmen schließen sich zusammen und schaffen gemeinschaftliche Dateninfrastrukturen für Produktdaten, um strategisch neue Geschäftsfelder zu erschließen – häufig mit staatlicher Förderung und Unterstützung wissenschaftlicher Forschungseinrichtungen (bspw. Catena-X, Batterie Pass). Das Ergebnis sind gemischte Daten-Governance-Modelle mit zentralisierten Softwarestrukturen mit kollektiver Verwaltung einerseits und starkem Fokus auf der Datensouveränität der beteiligten Unternehmen andererseits.
- **Offene Normierungsprozesse:** Etablierte Standardisierungsorganisationen und zivilgesellschaftliche Akteur\_innen entwickeln offene Standards für digitale Produktpässe unter Einbezug von Unternehmen und anderen Stakeholder\_innen (bspw. DIN, Product Circularity Data Sheet). Angestrebt wird eine dezentrale Erfassung und Bereitstellung von Produktdaten bei gleichzeitig hoher funktionaler und semantischer Interoperabilität.

Bei allen drei Typen von Produktdaten-Initiativen handelt es sich um freiwillige Projekte, die darauf angewiesen sind, dass Hersteller\_innen und Eigentümer\_innen Produktdaten über die entsprechende Dateninfrastruktur bereitstellen. Dabei unterscheiden sich die Produktdaten-Initiativen im Hinblick darauf, wie viel Transparenz und welche Teilhabeoptionen sie unterschiedlichen Ökosystemakteur\_innen in der Daten-Governance ermöglichen: Während Plattformanbieter\_innen die Bedingungen und Zwecksetzung der Verarbeitung von Produktdaten exklusiv vorge-

ben und kurzfristig im eigenen Interesse ändern können, erfolgt die Entwicklung der Daten-Governance bei offenen Normierungsprozessen in geregelten, langwierigen Abstimmungsverfahren unter Einbezug vieler Stakeholdergruppen. Unternehmerische Entwicklungspartnerschaften nehmen hier eine Mittelposition ein – neue Unternehmen können sich dem Zweckbündnis zwar anschließen und genießen das gleiche Maß an Datensouveränität, die wesentlichen Daten-Governance-Entscheidungen werden jedoch in einer exklusiven Kerngruppe etablierter Marktakteur\_innen getroffen.

## PROBLEM: MANGEL AN INTEROPERABILITÄT

Das Versprechen einer datengestützten Circular Economy basiert auf der Annahme, dass Produktdaten frei fließen können. Obwohl viele Akteur\_innen dieses Ziel teilen, stellt die Fülle<sup>17</sup> an Produktdaten-Initiativen mit teils inkompatiblen Datenstandards ein Problem dar: Je mehr konkurrierende Standards es in einem Sektor gibt, desto schwieriger wird es, die Weitergabe und Aggregation von Produktdaten zwischen Ökosystemakteur\_innen und erst Recht über Sektorgrenzen hinweg zu gewährleisten. Besonders deutlich ist das Problem bei proprietären Plattformen zum Teilen von Produktdaten, die auf geschlossenen Daten-Ökosystemen ohne offene Schnittstellen basieren. Hier kann es zu neuen Produktdaten-Silos kommen, bei denen ökonomische Partikularinteressen das übergeordnete Ziel der Integration von Produktdaten zu untergraben drohen. Aber auch bei Produktpassstandards mit dezentraler Daten-Governance kann der Informationsfluss unterbrochen werden, wenn unterschiedliche Datenformate und Erhebungsmethoden die Interoperabilität behindern.

Im Ergebnis droht eine Fragmentierung der Datenlandschaft, das heißt eine künstliche Verknappung von Daten, die aus mehreren Gründen zum Risikofaktor für die Circular Economy werden kann:

- **Informationsverlust:** Produktdaten können nicht aggregiert werden, sodass Informationen über Vorprodukte verloren gehen. Netzwerk- und Synergieeffekte können nicht ausgeschöpft werden und Kollaboration wird erschwert.
- **Kosten für Doppelerfassung:** Doppelte Datenerhebung und -bereitstellung in unterschiedlichen Formaten können hohe Mehrkosten verursachen.
- **Marktversagen:** Produktdatenökosysteme können Märkte fragmentieren, neue Markteintrittsbarrieren schaffen und die Entstehung zirkulärer Geschäftsmodelle behindern.

<sup>17</sup> Jansen et al. (2022: 12) zählen insgesamt 76 laufende Projekte, in denen DPP-Formate entwickelt werden. Eine im Auftrag der EU-Kommission erstellte Studie identifiziert 186 existierende Standards für digitale Produktpässe, die von anerkannten internationalen und europäischen Standardisierungsorganisationen erlassen wurden (StandICT.eu 2023).

- **Missbrauchspotenzial:** Produktdaten-Initiativen können zu marktmächtigen Gatekeepern werden, ohne die de facto kein Marktzugang möglich ist. Insbesondere in Kombination mit Lock-in-Effekten können Produktdaten-Initiativen hohe Gebühren verlangen und nachteilige Bedingungen<sup>18</sup> für partizipierende Ökosystemakteur\_innen durchsetzen.

Um neue Daten-Silos zu verhindern, bedarf es folglich eines sektorspezifischen Basisstandards, in dem inhaltliche und technische Mindeststandards für die Erfassung und Weitergabe von Produktdaten vereinheitlicht werden. Hier ist der Gesetzgeber gefragt.

## DER EUROPÄISCHE DIGITALE PRODUKTPASS

Eine entscheidende Wendung auf dem Weg zu Circular Economy verspricht nun die Entwicklung und Einführung des digitalen Produktpasses der Europäischen Union. Gerade die Europäische Kommission hatte sich in den vergangenen Jahren als zentraler Befürworter der datengestützten Circular Economy hervorgetan und bereits im European Green Deal, dem Circular Economy Action Plan oder in der Sustainable Product Initiative immer wieder eine „Digitalisierung von Produktinformationen“ (KOM (2020)98) für die Circular Economy gefordert. Mit der neuen Ökodesign-Verordnung, die seit 2020 als Entwurf vorliegt, sollen nun erstmals kohärente „Regeln für die Festlegung von Anforderungen an die obligatorische [...] Offenlegung von Informationen für Marktakteure entlang der Wertschöpfungsketten“ (Europäische Kommission 2022: 2) festgelegt werden. Die wichtigste Neuerung dabei: Alle Hersteller\_innen<sup>19</sup> von physischen Produkten, einschließlich Bauteile und Zwischenprodukte, müssen demnach bei EU-Markteintritt einen digitalen Produktpass (EU-DPP) für ihre Produkte veröffentlichen. Dabei steht die EU vor der Herausforderung, sowohl technische wie auch inhaltliche Mindeststandards für den Austausch von Produktdaten festzulegen.

Die technischen Mindeststandards werden mit dem europäischen digitalen Produktpass definiert, der das zentrale technische Format für alle notwendigen Produktdaten sein soll. Dabei verfolgt die EU eine dezentrale Daten-Governance, das heißt, der EU-DPP soll dezentral bei den Unternehmen gespeichert werden und über einen „Daten-Carrier“ am Produkt abrufbar sein, bspw. über Barcodes, QR-Codes oder NFC-Chips. Damit dennoch alle digitalen

Produktpässe interoperabel sind, das heißt, auch von sektorfremden Akteur\_innen gelesen und verarbeitet werden können, entwickelt die EU-Kommission grundlegende IT-Normen und Daten-Protokolle. Die technische Standardisierung des EU-DPP soll bis Ende 2025 abgeschlossen sein und voraussichtlich ab dem Jahr 2027 von den Unternehmen angewendet werden.<sup>20</sup>

Bei der Bestimmung der inhaltlichen Mindeststandards, das heißt, der Frage, welche Produktdaten genau bereitgestellt werden müssen, zeichnet sich eine zweigleisige Strategie des europäischen Gesetzgebers ab:

- Einerseits werden sektorübergreifend „horizontale“ Rahmenbedingungen für digitale Produktpässe und Sorgfaltspflichten für Unternehmen festgelegt. Die zentrale Gesetzesgrundlage ist hier die neue Ökodesign-Verordnung, aber auch Informationsanforderungen aus anderen Gesetzen, bspw. könnten die Standards zur Nachhaltigkeitsberichterstattung aus der Corporate Sustainability Reporting Directive hier einfließen.
- Andererseits werden sektorspezifisch „vertikale“ Vorgaben für einzelne Produktkategorien beschlossen, die eine konkrete Veröffentlichungspflicht für spezifische Produktdaten umfassen. So sieht die Ökodesign-Verordnung vor, dass die EU-Kommission im Rahmen delegierter Rechtsakte produktspezifische Vorgaben erarbeitet.<sup>21</sup> Darüber hinaus können auch im normalen Gesetzgebungsverfahren Informationsanforderungen spezifiziert werden – als Vorbild dient hier die EU-Batterieverordnung, die einen Produktpass speziell für Batterien ab dem Jahr 2026 vorschreibt.

## BARRIEREN UND KONFLIKTLINIEN BEI DER DPP-ENTWICKLUNG

Im Rahmen der fünf durchgeführten Fachgespräche mit Expert\_innen wurde deutlich, dass es mehrere Spannungsfelder gibt, in denen teils konträre Interessen und Befürchtungen aufeinandertreffen. Dabei wurden insbesondere die drei folgenden Themenfelder kontrovers diskutiert.

### 1) SCHUTZ VON INTELLEKTUELLEM EIGENTUM VS. ÖFFENTLICHES INTERESSE

Hersteller\_innen warnen davor, dass die gesetzliche Verpflichtung zum Teilen von Produktdaten einen Eingriff in ihre Geschäftsgeheimnisse bzw. in ihre intellektuellen Eigentumsrechte darstellen kann. Aus der betriebswirtschaft-

<sup>18</sup> Als ein Negativbeispiel können hier privatwirtschaftliche E-Commerce-Plattformen gelten, die sich mit den Daten ihrer Nutzer\_innen exklusives Wissen aneignen und eigene Produkte gegenüber Angeboten von Dritten bevorzugt an Suchende vermitteln (Beispiel: Selbstbevorzugung bei Amazon).

<sup>19</sup> Ausgenommen sind lediglich Produktkategorien wie Lebens- und Futtermittel, Arzneimittel sowie lebende Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen sowie deren Erzeugnisse (Europäische Kommission 2022: Art. 1).

<sup>20</sup> Aussage von Joao Rodrigues Frade (DG DIGIT) im Webinar von DG Grow zum Europäischen Normungsauftrag für das DPP-System am 12.6.2023: <https://webcast.ec.europa.eu/digital-product-passport-initiative-2023-06-12> (4.8.2023).

<sup>21</sup> Die EU-Kommission hat eine öffentliche Konsultation zu der Frage durchgeführt, welche Produktgruppen bei der Spezifizierung der inhaltlichen Standardisierung priorisiert werden sollen: [https://environment.ec.europa.eu/news/sustainable-products-commission-consults-new-product-priorities-2023-01-31\\_en](https://environment.ec.europa.eu/news/sustainable-products-commission-consults-new-product-priorities-2023-01-31_en) (4.8.2023).

lichen Logik heraus argumentieren sie: Je genauer die Angaben zu Produktdesign, enthaltenen Materialien und Produktionsverfahren ist, desto eher droht ein Wertschöpfungsverlust gegenüber Konkurrent\_innen. Entsprechend fordern einige Herstellerunternehmen eine besonders umfassende Datenkontrolle, das heißt, dass sie selbst Datenzugriffsrechte für einzelne Ökosystemakteur\_innen vergeben können, damit nur autorisierte Reparaturbetriebe oder Recyclingunternehmen auf detaillierte Informationen zur Produktzusammensetzung zugreifen können.

Dagegen wurde von anderen Teilnehmenden der Fachgespräche eingewandt, dass eine hohe Datenkontrolle der Hersteller\_innen aus volkswirtschaftlicher Sicht zu einer Unternutzung<sup>22</sup> von Daten führt und die Entstehung von zirkulären Ökosystemen behindert. Anstatt bestehende Marktpositionen mit exklusiven Daten(eigentums-)rechten abzusichern, gelte es, ein neues „Level Playing Field“ für zirkuläre Geschäftsmodelle zu schaffen und Markteintrittsbarrieren abzubauen. Das Ziel seien faire und gleiche Wettbewerbsbedingungen auf Märkten für nachhaltige Dienstleistungen, bspw. im Bereich Reparatur und Recycling, sowie die Verbesserung der allgemeinen Wissensgerechtigkeit sowie Teilhabechancen von Nutzer\_innen und der Zivilgesellschaft. Als Beispiel wurden die belegbar hohen positiven Auswirkungen von Open-Source-Software und -Hardware auf die technologische Unabhängigkeit, Wettbewerbsfähigkeit und Innovation in der EU-Wirtschaft angeführt (Europäische Kommission 2021). Jedoch könnten europäische Transparenzpflichten durchaus Wettbewerbsnachteile für europäische Hersteller\_innen bedeuten, sofern diese auf ausländischen Märkten mit ausländischen Unternehmen ohne vergleichbare Transparenzpflicht konkurrieren. Die Erfahrungen mit bestehenden Transparenzstandards, bspw. im Bereich Gefahrstoffen wie REACH und RoHS, zeigten jedoch, dass diese Bedenken häufig nicht gerechtfertigt sind und es zügig zu einer internationalen Angleichung von Standards komme.

Trotz der kontroversen Diskussion waren sich die Teilnehmenden der Fachgespräche darin einig, dass ein „Mentalitätswechsel bei der Bereitschaft zum Datenteilen“ erforderlich ist. Es brauche daher einen sicheren Rechts- und Ordnungsrahmen für einen möglichst offenen digitalen Produktpass nach dem Prinzip „So offen wie möglich, so geschlossen wie nötig“. Grundsätzlich seien detaillierte Produktinformationen immer dann von öffentlichem Interesse, wenn sie dazu beitragen, den Wert von in Produkten gebundenen Bauteilen und Materialien bestmöglich zu erhalten. Allerdings müssen die Geschäftsgeheimnisse und (geistigen Eigentums-)Rechte der Hersteller\_innen sorgfältig gegen die Rechte der Nutzer\_innen sowie die Interessen der Gesellschaft und der Natur abgewogen werden. Sensible Produktinformationen, bspw. zu Herstellungsverfahren, sollten nur dann verpflichtend transparent gemacht werden, wenn dadurch signifikante Ressourceneinsparungen zu erwarten sind.

## 2) GROSSE VS. KLEINE UNTERNEHMEN

Die Transformation von linearen zu zirkulären Ökosystemen stellt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) eine Herausforderung dar. So haben KMU-Vertreter\_innen argumentiert, dass für sie die relativen Kosten der Datenerfassung im Vergleich zum Gesamtumsatz höher sind als bei großen Unternehmen. Zudem befürchten sie zusätzliche Abhängigkeit gegenüber großen Herstellerunternehmen durch den intensivierten Datenaustausch mit DPPs. Insbesondere privatwirtschaftlich dominierte Standardisierungsprozesse können Machtasymmetrien innerhalb von Wertschöpfungsketten verstärken. Beispielsweise zeige sich bei Catena-X eine „Zweiklassengesellschaft“ zwischen dem Kernkonsortium und den restlichen Unternehmen, deren Teilhabeoptionen bei der Entwicklung der Dateninfrastruktur stark begrenzt sind. Aber auch in offenen Standardisierungsprozessen können große und kleine Unternehmen häufig nicht auf Augenhöhe verhandeln, da sie über stark unterschiedliche Ressourcen zur Beeinflussung von Standardisierungsprozessen verfügen. So befürchten Vertreter\_innen von KMUs, dass große Unternehmen die Entwicklung von offenen DPP-Standards zulasten kleiner Unternehmen beeinflussen, bspw. durch kostenintensive Datenerhebungsverfahren. Folglich wurde diskutiert, ob es spezieller Förderprogramme und Angebote für KMUs benötige oder ob die Kosten für KMUs beispielsweise im Rahmen einer asymmetrischen Datenoffenlegungspflicht reduziert werden können, das heißt, dass Herstellerunternehmen nach Größe gestaffelt (bspw. Jahresumsatz) in unterschiedlichem Umfang Produktdaten offenlegen müssen.

## 3) ÖKOLOGISCHE KOSTEN VS. ÖKOLOGISCHE GEWINNE

Häufig ist der Einsatz digitaler Technologien mit ökologischen Kosten verbunden: Besonders energie- und ressourcenintensiv ist der Einsatz von Computern, auf denen Produktdaten gespeichert, verarbeitet und abgerufen werden. Auch der Einsatz von NFC- oder RFID-Chips zur elektromagnetischen Identifikation von Produkten kann bei extensivem Einsatz den Bedarf an Metallen wie Silizium oder Gold erheblich steigern. Angesichts dieses Zielkonfliktes zwischen digitalem Datenaustausch und Nachhaltigkeit muss stets geprüft werden, ob der ökologische Gewinn durch bessere Verfügbarkeit von Produktdaten die ökologischen Kosten überwiegt. Grundsätzlich sind bei Produktdaten im Vergleich zu Social-Media- oder Streaming-Plattformen nur moderate Datenmengen zu erwarten – eine systematische Beurteilung steht allerdings noch aus. Handlungsleitend sollte daher das Konzept der digitalen Suffizienz bzw. der Datensparsamkeit sein, um möglichst wenige physische Infrastrukturen zu benötigen. Vor diesem Hintergrund sollten Datendoppelerfassungen sowie der Einsatz von Blockchain-Technologien kritisch geprüft werden, wenngleich dessen Energie- und Ressourcenverbrauch im Kontext digitaler Produktpässe deutlich geringer ist als in der Anwendung von Kryptowährungen.

<sup>22</sup> Eine Unternutzung von Daten erzeugt häufig gesamtgesellschaftliche Wohlfahrtsverluste, da ihre Vervielfältigung und mehrfache Nutzung kaum mit Kosten verbunden sind (die Grenzkosten von Daten tendieren gegen null).

# 5

## POLITISCHE HANDLUNGSEMPFEHLUNG

Aus den bisherigen Fachgesprächen und Recherchen leiten wir die folgenden neun politischen Handlungsempfehlungen für den Gesetzgeber auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene ab.

### 1) Europäische Kommission muss inhaltliche Mindeststandards für sektorspezifische Transparenzpflicht von Produktdaten zügig weiterentwickeln

Im aktuellen Entwurf zur Ökodesign-Verordnung sind bereits einige „information requirements“ aufgelistet, die Unternehmen in einem DPP gebündelt bereitstellen müssen, wenn sie ein Produkt auf den europäischen Markt bringen (Europäische Kommission 2022: Art. 7 und 8). So werden beispielsweise Informationen über Leistung, gefährliche Substanzen, Demontage, Recycling, Entsorgung, Reparatur und Wartung von Produkten eingefordert. Die Transparenzpflichten beziehen sich sektorübergreifend auf alle Produktgruppen und bleiben folglich sehr vage. Einige für zirkuläre Geschäftsmodelle wichtige Produktinformationen finden noch gar keine Erwähnung. Dazu zählen bspw.:

- Angaben zu Mengen und Qualitäten der enthaltenen Rohmaterialien (inkl. Prozessmaterialien und Verbindungstechnologien) sowie zu ihrer Kreislauffähigkeit;
- technische Spezifikationen zu Produktkomponenten;
- Ersatzteilm Informationen (Verfügbarkeit von Originalteilen, 3D-Modelle);
- Umweltindikatoren (CO<sub>2</sub>-Emissionen, Wasser- und Bodenverbrauch, Einfluss auf Biodiversität);
- Sozial- und Arbeitsstandards entlang der Wertschöpfungskette (ab Rohstoffentnahme).

In den nächsten Jahren sind folglich zahlreiche weitere sektorspezifische Transparenzpflichten nötig, in denen die genauen Informationsanforderungen für einzelne Produktgruppen rechtlich festgelegt werden. Wichtigster Akteur ist dabei die EU-Kommission, die auf Basis der Ökodesign-Verordnung voraussichtlich selbst entsprechende „delegierte Rechtsakte“ erlassen kann und weitergehende Gesetze, wie die EU-Batterieverordnung, vorbereitet. Die EU-Mitgliedstaaten und andere Akteur\_innen sollten die EU-Kommission bei dieser Aufgabe bestmöglich unterstützen. Das Grundprinzip bei der Entwicklung von Transparenzpflichten sollte dabei lauten „so offen wie möglich“: Alle Informationen über die Umweltauswirkungen von Produk-

ten und zur Kreislaufführung von Produkten und ihren Komponenten sind als wesentliche „Daten von öffentlichem Interesse“ zu betrachten. Betriebswirtschaftliche Wettbewerbsnachteile auf ausländischen Märkten gilt es dabei mit den volkswirtschaftlichen und ökologischen Gewinnen durch bessere Verfügbarkeit von Produktinformationen abzuwägen.

### 2) Die EU-Kommission soll technische Mindeststandards weiterentwickeln, um die Interoperabilität von digitalen Produktpässen sicherzustellen und eine einheitliche Datenerfassung zu gewährleisten.

Die datengestützte Circular Economy kann nur funktionieren, wenn proprietäre Daten-Silos aufgebrochen werden und digitale Produktpässe interoperabel sind, das heißt, von ganz sektorübergreifenden zirkulären Ökosystemen gelesen und verarbeitet werden können. Interoperabilität setzt zwei Bedingungen voraus: Einerseits müssen die Herstellerunternehmen die Produktinformationen nach der gleichen Methodik erfassen und auf einheitliche Weise im DPP eintragen. Andererseits benötigen die DPPs das gleiche technische Datenformat mit harmonisierten IT-Normen und -Protokollen, damit sie miteinander kombinierbar bzw. aggregierbar sind. Diese Fähigkeit zur Aggregation von DPPs ist besonders wichtig, damit Produktinformationen entlang des Produktlebenszyklus auch sektorübergreifend zusammengefügt werden können und alle Informationen der Vorprodukte auch im digitalen Produktpass des Endprodukts enthalten sind.

Die Europäische Kommission hat die Bedeutung von Interoperabilität bereits in Art. 9 und 10 der vorgeschlagenen Ökodesign-Verordnung verankert. Zu diesem Zweck hat sie bereits einen Normungsantrag zur Erarbeitung eines einheitlichen Datenformats für das DPP-System verfasst, der bis Ende 2025 unter anderem von der Generaldirektion Informatik (DG DIGIT) umgesetzt werden soll. Darüber hinaus bedarf es einheitlicher technischer Normen für die Erhebung und Bereitstellung von Produktdaten. Insbesondere bei Reparatur- und Wartungsanleitungen, Materialzusammensetzung, Nachhaltigkeitsindikatoren oder Angaben zum Recyclingverfahren bedarf es harmonisierter Methoden für die Erfassung von Produktinformationen, damit diese vergleichbar sind bzw. aggregiert werden können.

### 3) Der digitale Produktpass soll als zentraler Datensatz zum bürokratiearmen Nachweis von allen Informationsanforderungen dienen

Um die Kosten für kleine und mittlere Unternehmen gering zu halten und eine effiziente, effektive und unbürokratische Datenerfassung zu ermöglichen, sollte der EU-Produktpass zukünftig als zentraler Datensatz für alle produktbezogenen Nachweispflichten dienen. Eine umfassende Standardisierung und Bündelung aller geforderten Produktinformationen könnte die bestehenden Meldepflichten für die Hersteller\_innen vereinfachen, doppelte Datenerfassung vermeiden und die Verfügbarkeit von Produktinformationen für andere Akteur\_innen verbessern. Insbesondere aus den folgenden Gesetzen sollten die Transparenzpflichten zukünftig gebündelt im DPP veröffentlicht werden:

- Umwelt-Produktdeklaration (EPD);
- REACH-Verordnung;
- Corporate Sustainability Reporting Directive;
- Energieeffizienz, EU-Energielabel.

Darüber hinaus sollten auch die in der EU anerkannten Produktlabels und Zertifikate (C2C, Blauer Engel, grüner Knopf etc.) im DPP vermerkt werden, sodass diese von anderen Unternehmen, Kontrollbehörden und Adduktoren sowie Nutzer\_innen und (Online-)Händler\_innen leicht abgerufen, verarbeitet und verglichen werden können.

### 4) Es bedarf einer ausgewogenen Repräsentation aller Stakeholderinteressen sowie eines Einbezugs von Umwelt-, Klima- und Nachhaltigkeitswissenschaften bei der Standardentwicklung von DPPs

Die Entwicklung technischer und inhaltlicher Standards ist in der Regel von großen ökonomischen Unternehmen dominiert, da diese besonders viele Ressourcen für die Beeinflussung technokratischer Normierungsprozesse aufbringen können. Damit der DPP daher sein volles Potenzial entfalten kann, muss der Einfluss privatwirtschaftlicher Partikularinteressen in der Standardsetzung korrigiert werden, indem speziell der Einbezug gemeinwohlorientierter Akteur\_innen gefördert wird. Es bedarf nicht nur offener und demokratisch organisierter Standardisierungsprozesse, sondern auch expliziter Mitspracherechte und Quoten für Vertreter\_innen aus der Zivilgesellschaft (insbesondere Umwelt-NGOs und Verbraucherschutzverbände etc.) sowie aus den Wissenschaften (insbesondere Umwelt-, Klima- und Nachhaltigkeitswissenschaften). Akteur\_innen aus der Open-Data- und Open-Source-Bewegung sollten ebenso berücksichtigt werden wie auch Vertreter\_innen von kleinen Unternehmen mit wenigen Mitarbeiter\_innen sowie Soloselbstständige, die häufig im Reparaturbereich tätig sind. Dieser aktive Einbezug von Akteursgruppen sollte für aktuelle und für zukünftige Standardisierungsprozesse gelten – denn gerade in der langen Frist werden sich die inhaltlichen und technischen Mindeststandards für digitale Produktpässe stetig weiterentwickeln müssen. Einerseits müssen die Standards an neue Produkt-

entwicklungen angepasst werden, andererseits muss die Dateninfrastruktur für Produktpässe neue Technikentwicklungen aus der IT-Branche aufgreifen. Zudem ist zu erwarten, dass sich mit der Fortentwicklung der Circular Economy zusätzliche Informationsanforderungen herauskristallisieren, mit denen zirkuläre Wertschöpfung gefördert werden kann. Umfassende, inklusive Stakeholderdialoge auf Augenhöhe sind hierfür obligatorisch.

### 5) Die deutsche Bundesregierung soll nationale Kontrollbehörden stärken, um die Einhaltung der DPP-Standards zu gewährleisten und Nichtkonformität zu sanktionieren

Inwieweit Produktinformationen Produktions- und Konsummuster beeinflussen können, hängt in hohem Maße von der Vertrauenswürdigkeit und Verlässlichkeit dieser Informationen ab. Eine weitere notwendige Bedingung ist daher, dass die Herstellerangaben in DPPs regelmäßig auf ihre Richtigkeit hin überprüft und im Falle von Falschangaben ausreichend hohe Sanktionen verhängt werden. Auch die EU-Kommission hebt im Entwurf der Ökodesign-Verordnung hervor: „Stronger enforcement and market surveillance activities (e.g. inspections or audits) are seen as necessary to accompany implementation of this initiative“ (Europäische Kommission 2022: 7).

Die Durchführung von Kontrollen und die Verhängung von Sanktionen werden allerdings in die Verantwortung der EU-Mitgliedstaaten gelegt: Erstens müssen die nationalen Zollbehörden künftig prüfen, ob alle Produkte auf dem EU-Markt über einen ordnungsgemäßen DPP verfügen (Art. 13). Zweitens müssen die Mitgliedstaaten in regelmäßigen Abständen die inhaltliche Richtigkeit des DPPs kontrollieren. Dazu müssen sie alle zwei Jahre eigene Aktionspläne mit den geplanten Marktüberwachungstätigkeiten erstellen (Art. 59), die Frequenz der Kontrollen bestimmen (Art. 60) und Angaben zu Art und Schwere etwaiger Sanktionen veröffentlichen (Art. 61). Drittens müssen sie selbst die Sanktionen für einen Verstoß gegen die Ökodesign-Verordnung erlassen und auch die Anwendung der Sanktionen sicherstellen (Art. 68).

Folglich ist insbesondere die Bundesregierung dazu aufgerufen, die nationalen Zollbehörden zu stärken und zusätzliche Kontrollinstanzen in Deutschland zu schaffen, die in der Lage sind, die inhaltlichen Angaben der DPPs schnell und effizient zu überprüfen. Auf europäischer Ebene soll sich die Bundesregierung im Rahmen der europäischen Koordination der Kontrollbehörden für eine effektive Umsetzung der Vorgaben in allen EU-Staaten einsetzen.

## 6) Aufbau eines öffentlichen „Produktpass-Registers“ zum einfachen Abruf digitaler Produktpässe für alle Stakeholder\_innen

Frühere Erfahrungen mit Transparenzpflichten zeigen, dass eine rein dezentrale Bereitstellung von Produktdaten die Verfügbarkeit der Daten erheblich einschränken kann.<sup>23</sup> Um zu garantieren, dass alle Akteur\_innen in einem zirkulären Ökosystem auf relevante Produktdaten zugreifen können, wird daher ein zentraler Datenvermittler benötigt, auf dem alle DPPs gebündelt werden. In diesem Sinne sieht der Entwurf der Ökodesign-Verordnung bereits vor, dass die EU-Kommission ein zentrales Produktpass-Register bereitstellt, in das Herstellerunternehmen selbst ihre Produktinformationen einfügen (Art. 12). Diese zentral erfassten Daten umfassen mindestens die Produktkennung sowie den entsprechenden Link zum dezentral gespeicherten DPP, können jedoch im Rahmen von delegierten Rechtsakten erweitert werden. Eine Zentralisierung weiterer Produktinformationen ist empfehlenswert, um Transaktionskosten für die massenhafte Auswertung von Produktdaten – beispielsweise im Rahmen von digitalen Konsum-Assistenten – weiter zu senken und auf diese Weise, die ökologische Transparenz von Märkten zu verbessern.

Zahlreiche Stakeholder\_innen können von dieser zentralisierten Bereitstellung der Daten profitieren – Unternehmen mit zirkulären Geschäftsmodellen, Verbraucherschutzorganisationen, Nutzer\_innen und Kontrollbehörden. Dabei ist ein offener Datenzugang für alle Akteur\_innen grundsätzlich zu bevorzugen; komplizierte Datenzugriffsregeln, in denen nur ausgewählte Akteur\_innen zum Datenzugriff berechtigt sind, sollten nur in geringem Maße eingesetzt werden, bspw. wenn wertvolle Daten wie 3D-Modelle von Ersatzteilen nur an zahlende Kund\_innen herausgegeben werden sollen. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Monetarisierung von Produktdaten immer auch deren künstliche Verknappung bedeutet, welche die ökologischen Gewinne einer datengestützten Circular Economy vermindern kann.

## 7) Händler\_innen und Onlinemarktplätze sollen Nachhaltigkeitsindikatoren von Produkten anzeigen

Händler\_innen und speziell Onlinemarktplätze sind von entscheidender Bedeutung für die Distribution von Produkten.<sup>24</sup> Sie selektieren Produkte und vermitteln bestimmte Informationen, auf deren Basis Nutzer\_innen und Unternehmen eine Kaufpräferenz entwickeln. So ist es eine wichtige Stellschraube, dass insbesondere auf Onlinemarktplätzen neben dem Preis und den technischen Spezifikationen des Produkts auch ökologische Informationen und Umweltkosten des Produkts sichtbar sind. Folglich sollten EU-Kom-

mission und Bundesregierung prüfen, inwiefern Händler\_innen zur Anzeige relevanter Nachhaltigkeitsindikatoren von Produkten, wie Anteil recycelter Materialien, Ressourcenverbrauch, kreislauffähigem Design, Materialgesundheit oder CO<sub>2</sub>-Emissionen, verpflichtet werden können.

## 8) Internationale Vereinheitlichung von inhaltlichen und technischen Mindeststandards für digitale Produktpässe

Globale Wertschöpfungsketten stellen eine besondere Herausforderung für die Erfassung und Bereitstellung von Produktinformationen dar. Gerade bei der Extraktion von Rohstoffen und der Verarbeitung von Vorprodukten muss sichergestellt werden, dass alle ökologischen und sozialen Kosten transparent gemacht werden und keine relevanten Informationen verloren gehen oder gefälscht werden. Dies gilt insbesondere für die Erfassung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (Scope 1, 2, 3) und weiterer Nachhaltigkeitsindikatoren, wie Wasser- und Bodenverbrauch, Effekte auf Biodiversität, Sorgfaltspflichten, Nachweise und Herkunft kritischer Rohstoffe. Da die europäische Produktpasspflicht jedoch erst bei Veröffentlichung der Produkte auf dem EU-Markt greift, bedarf es einer internationalen Vereinheitlichung von digitalen Produktpässen. Nur wenn die Produktinformationen der europäischen Handelspartner\_innen mit dem europäischen Produktpass interoperabel sind, können produktbezogene Datensätze entlang von Wertschöpfungsketten „wachsen“ bzw. aggregiert werden.

Ein weiterer Grund für die Angleichung von Transparenzpflichten auf in- und ausländischen Märkten ist, dass Unternehmen, die in der EU starken Transparenzpflichten unterliegen, keine Wettbewerbsnachteile im EU-Ausland haben. So kann gehofft werden, dass der europäische digitale Produktpass – ähnlich wie bei der REACH-Verordnung oder der Datenschutz-Grundverordnung (DSVGO) – aufgrund der Größe der EU-Wirtschaft eine Ausstrahlungskraft für weltweite Standards entwickelt. Gleichwohl muss bei der internationalen Koordination von Transparenzpflichten stets darauf geachtet werden, dass es nicht zur Absenkung von Standards kommt. So befindet sich die internationale Diskussion außerhalb der EU teilweise noch auf dem Stand der Abfallwirtschaftsperspektive und könnte für Europa eher einen Rückschritt bedeuten.

Einige Initiativen wie das Product Circularity Data Sheet<sup>25</sup> bieten hier bereits vielversprechende Anreize auf globaler Ebene. Insgesamt besteht jedoch ein Mangel an Engagement und Durchsetzungsvermögen von staatlicher Seite. Vermehrte Anstrengungen zur Ausweitung und Vereinheitlichung einer zirkulären Governance von Produktdaten, bspw. auf Ebene der G7, in der International Standardization Organization (ISO), auf bilateraler Ebene im Rahmen von

<sup>23</sup> Beispielsweise hat die Nutzbarkeit der Reparaturdaten im Automobilssektor darunter gelitten, dass die benötigten Informationen über zahlreiche private Websites der Herstellerunternehmen verteilt waren und nicht von den Werkstätten ohne Weiteres abgerufen werden konnten (Europäische Kommission 2016: 9).

<sup>24</sup> In Artikel 29 des Entwurfs zur Ökodesign-Verordnung werden bereits Pflichten von Onlinemarktplätzen und Onlinesuchmaschinen aufgelistet. Sie beziehen sich jedoch lediglich auf die Zusammenarbeit der digitalen Intermediäre mit den Kontrollbehörden im Kontext des Digital Services Act (bspw. zur Entfernung illegaler Inhalte).

<sup>25</sup> PCDS ist eine Initiative des luxemburgischen Wirtschaftsministerium zur Entwicklung eines Datenstandards für die Zirkularität von Produkten: <https://pcds.lu/> (22.08.2023)

Handelsverträgen oder über die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, sind daher dringend nötig.

### 9) Förderangebote für KMUs

Um Hürden für die Erfassung und Bereitstellung von Produktdaten abzubauen, braucht es ein Enabling-Programm speziell für kleine und mittlere Unternehmen mit verschiedenen Unterstützungsangeboten – organisiert von staatlichen Akteuren in Zusammenarbeit mit den Forschungsinstitutionen sowie den Industrie-, Handels- und Handwerkskammern. Wichtigster Bestandteil sollte dabei die Entwicklung einer Open-Source-Software<sup>26</sup> sein, mit der Unternehmen auch komplexe Produktdaten (bspw. im Rahmen von Life-Cycle-Assessments) selbst erfassen und online zur Verfügung stellen können. Die Software könnte an das Steuer-Programm Elster angelehnt sein – nur dass Unternehmen nicht Geldströme, sondern ihre Materialströme

eintragen. Auch eine entsprechende Online-Cloud sollte von staatlicher Seite angeboten werden, über die digitale Produktpässe veröffentlicht oder im Rahmen von Nachweispflichten an zuständige Behörden übermittelt werden können. Auf diese Weise soll auch erreicht werden, dass neue Abhängigkeiten von KMUs gegenüber Dienstleistungsunternehmen vermieden werden, die sich auf die Erstellung von Produktpässen spezialisieren. Darüber hinaus bedarf es jedoch auch Weiterbildungsangebote und Schulungen speziell für KMUs, um das nötige Wissen zu vermitteln, welches für den Umgang mit der Software sowie den allgemeinen Umgang mit (Produkt-)Daten nötig ist. Die Erfassung, Bereitstellung und Verarbeitung von Produktdaten sollte dabei direkt an die Initiativen zum Wissenstransfer im Bereich KI und Datenkompetenz (bspw. KI-Mittelstandskompetenzzentren) angedockt werden.

## 6 FAZIT

Bei der Transformation der Wirtschaft von einer linearen zu einer zirkulären Wertschöpfung mit geschlossenen Materialkreisläufen und möglichst niedrigem Ressourcenverbrauch kommt der Governance von Produktdaten eine strategische Schlüsselrolle zu. In der durchgeführten fünfteiligen Fachgesprächsreihe verdeutlichten zahlreiche Pionierunternehmen und -akteur\_innen aus verschiedenen Sektoren das Potenzial einer datengestützten Circular Economy: Die Offenlegung von Produktinformationen kann nicht nur die ökologische Transparenz von Märkten verbessern, sondern auch neue wirtschaftliche zirkuläre Ökosysteme und Geschäftsmodelle im Bereich Reuse, Repair und Recycling sowie Nutzung statt Eigentum fördern: Je mehr Informationen über das Produktdesign, die Materialgesundheit, den ökologischen Fußabdruck, die Zugänglichkeit, die Reparierbarkeit und die Wiederverwertbarkeit von Produkten zur Verfügung stehen, desto leichter können die in den Produkten gebundenen Materialien und Werte bewahrt werden.

Aus diesem Grund bedarf es einer auf die Circular Economy ausgerichteten Datenpolitik, einer zirkulären Daten-Governance. Vor allem das europäische Projekt des digitalen Produktpasses mit einer umfassenden Transparenzpflicht für Herstellerunternehmen kann zum Motor für digital-gestützte zirkuläre Ökosysteme auf allen Ebenen des Produktlebenszyklus werden.

Der Aufbau einer Circular Economy und die Vermeidung von Rebound-Effekten werden in Zukunft zahlreiche weitere ordnungspolitische Maßnahmen erfordern, bspw. im Bereich Materialqualitäten, Mindestlebensdauer, Reparierbarkeit sowie zur Wiederverwertung von Produktmaterialien. Auch für diese Regulierungen schafft der digitale Produktpass der EU wichtige Voraussetzungen: Zukünftig kann ein Großteil der Nachweise und Informationen für Behörden, Prüforganisationen und Zertifizierer an einem Ort gebündelt werden. Doppelte Datenerfassung kann so verhindert und der bürokratische Aufwand reduziert werden.

Damit dies gelingt, sollte die Politik ihre Steuerungsaufgabe wahrnehmen und das Potenzial von geteilten Produktdaten für eine zirkuläre und zukunftsfähige Wirtschaft systematisch erschließen. Dazu bedarf es einer steten Weiterentwicklung der inhaltlichen und technischen Mindeststandards in einer ausgewogenen Repräsentation aller Stakeholderinteressen sowie unter Einbezug von Nachhaltigkeitsexpert\_innen. Überdies gilt es, die nationalen Kontrollbehörden zu stärken, internationale Vereinheitlichung von Transparenzpflichten voranzutreiben und (Online-) Händler\_innen in die Pflicht zu nehmen, die umweltbezogenen Produktinformationen prominent anzuzeigen.

<sup>26</sup> Die Software sollte Open-Source bzw. quelloffen sein, um einerseits die Transparenz der Programme zu erhöhen und Unsicherheiten bei den Nutzenden abzubauen, und andererseits um eine ko-kreative Entwicklung anzustoßen, bei der alle Nutzenden von dezentralen Weiterentwicklungen profitieren können.

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

**Abbildung 1:** Die Potenziale von Digitaltechnik zum Aufbau sozialer Beziehungen

**Abbildung 2:** Der DPP als graphenstrukturiertes Datenmodell eines Produkts mit ausgewählten Produktinformationen

**Abbildung 3:** Beispielhafte Ausgestaltung eines digitalen Gebäudepasses

## LITERATURVERZEICHNIS

**Abraham, Rene; Schneider, Johannes; Brocke, Jan vom 2019:** Data Governance: A Conceptual Framework, Structured Review, and Research Agenda, in: International Journal of Information Management 49, S. 424–438.

**Acatech 2023:** Battery Pass: Umsetzung einer neuen Generation digitaler Produkthandhabung, Circular Economy Initiative Deutschland, <https://www.circular-economy-initiative.de/battery-pass-de> (30.6.2023).

**Battery Pass consortium 2023:** Battery Passport Content Guidance: Achieving Compliance with the EU Battery Regulation and Increasing Sustainability and Circularity, Version 1.0 / April 2023, [https://thebattery.pass.eu/assets/images/content-guidance/pdf/2023\\_Battery\\_Passport\\_Content\\_Guidance.pdf](https://thebattery.pass.eu/assets/images/content-guidance/pdf/2023_Battery_Passport_Content_Guidance.pdf) (15.7.2023).

**Blomsma, Fenna; Brennan, Geraldine 2017:** The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity, in: Journal of Industrial Ecology 21 (3), S. 603–614.

**Brandenburger, Bonny; Brüsche, Julia; Voigt, Maximilian; Busch, Magnus 2023:** Towards an Open Hardware Prototype Model for Long-Term Sustainability, in: ECIS 2023 Research-in-Progress Papers 77.

**Braungart, Michael; McDonough, William 2014:** Cradle-to-Cradle: Einfach intelligent produzieren, München.

**Buchert, Matthias; Dolega, Peter; Degreif, Stefanie 2019:** Gigafactories für Lithium-Ionen-Zellen: Rohstoffbedarf für die globale Elektromobilität bis 2050, Öko-Institut e.V., Freiburg, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Fab4Lib-Rohstoffe-Elektromobilitaet.pdf> (15.7.2023).

**Catena-X 2023a:** Onboarding Guide: Initial information for Large Enterprises, Berlin, [https://catena-x.net/fileadmin/user\\_upload/04\\_Einfuehren\\_und\\_umsetzen/Onboarding/OnboardingGuide\\_LargeEnterprises\\_V1.pdf](https://catena-x.net/fileadmin/user_upload/04_Einfuehren_und_umsetzen/Onboarding/OnboardingGuide_LargeEnterprises_V1.pdf) (15.7.2023).

**Catena-X 2023b:** Catena-X: Einführung, Berlin, <https://catena-x.net/de/angebote-standards/edc-die-zentrale-komponente-fuer-die-navigation> (15.7.2023).

**Circular-fashion 2021:** Circularity.ID: The Transformation to Data-Driven Circularity in Fashion, circular.fashion, Berlin, [https://circularity.id/static/circular.fashion\\_circularityID\\_white\\_paper\\_2021.pdf](https://circularity.id/static/circular.fashion_circularityID_white_paper_2021.pdf) (15.7.2023).

**Circle economy 2023:** Circularity Gap Report, <https://www.circularity-gap.world/2023#download> (15.7.2023).

**DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) 2023:** Der Gebäuderessourcenpass der DGNB, <https://www.dgnb.de/de/themen/gebaeuderessourcenpass/index.php> (15.7.2023).

**DIN, DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik), VDI (Verein Deutscher Ingenieure) 2023:** Deutsche Normungsroadmap Circular Economy, DIN/DKE/VDI, Berlin, <https://www.din.de/resource/blob/892606/06b0b608640aadd63e5dae105ca77d8/normungsroadmap-circular-economy-data.pdf> (15.7.2023).

**Europäische Kommission 2016:** Report on the Operation of the Access to Vehicle Repair and Maintenance Information, COM 2016/782 (2016), [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM\(2016\)782&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM(2016)782&lang=en) (15.7.2023).

**Europäische Kommission 2020:** Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft für ein saubereres und wettbewerbsfähigeres Europa, COM(2020) 98 final, Brüssel, [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF) (15.7.2023).

**Europäische Kommission 2021:** The Impact of Open Source Software and Hardware on Technological Independence, Competitiveness and Innovation in the EU Economy – Final Study Report, Publications Office, <https://data.europa.eu/doi/10.2759/430161> (15.7.2023).

**Europäische Kommission 2022:** Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen für nachhaltige Produkte und zur Aufhebung der Richtlinie 2009/125/EG, COM(2022) 142 final, Brüssel, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0142> (15.7.2023).

**FairWertung 2021:** FairWertung initiiert Kreislaufpilot für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft, <https://fairwertung.de/fairwertung-initiiert-kreislaufpilot-fuer-eine-nachhaltige-kreislaufwirtschaft/> (15.7.2023).

**Friant, Martin Calisto; Vermeulen, Walter J. V.; Salomone, Roberta 2020:** A Typology of Circular Economy Discourses: Navigating the Diverse Visions of a Contested Paradigm, in: Resource, Conservation & Recycling 161, 104917.

**Gimkiewicz, Jan; Depireux, Sina; Spengler, Laura; Zietlow, Brigitte 2022:** Die Rolle von Langlebigkeit und der Nutzungsdauer für einen nachhaltigen Umgang mit Bekleidung: Eine Studie zum aktuellen Forschungsstand, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-10-19\\_texte\\_112-2022\\_langlebigkeit-bekleidung\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-10-19_texte_112-2022_langlebigkeit-bekleidung_bf.pdf) (15.7.2023).

**González-Varona, José M.; Poza, David; Acebes, Fernando; Villafañez, Félix; Pajares, Javier; López-Paredes, Adolfo 2020:** New Business Models for Sustainable Spare Parts Logistics: A Case Study, in: Sustainability 12 (8), 3071.

**Greenpeace 2017:** Konsumkollaps durch Fast Fashion, Hamburg, [https://greenwire.greenpeace.de/system/files/2019-04/s01951\\_greenpeace\\_report\\_konsumkollaps\\_fast\\_fashion.pdf](https://greenwire.greenpeace.de/system/files/2019-04/s01951_greenpeace_report_konsumkollaps_fast_fashion.pdf) (15.7.2023).

**Greenpeace 2020:** Was wirklich zählt: Wie wir der Konsumfalle entkommen und mit weniger glücklich sind, Greenpeace Magazin 1.21, <https://warenhaus.greenpeace-magazin.de/121-konsum.html#tab--navigation> (15.7.2023).

**Hansen, Erik G.; Revellio, Ferdinand 2020:** Circular Value Creation Architectures: Make, Ally, Buy, or Laissez-Faire, in: Journal of Industrial Ecology 24 (6), S. 1.250-1.273.

**Hansen, Erik; Wiedemann, Patrick; Fichter, Klaus; Lüdeke-Freund, Florian; Jaeger-Erben, Melanie et al. 2021:** Circular Economy Initiative Deutschland: Circular Business Models: Overcoming Barriers, Unleashing Potentials, acatech/SYSTEMIQ, München; London.

**Hekkert, Marko, P.; Jansse, Matthijs J.; Wesseling, Joeri, H.; Negro, Simona, O. 2020:** Mission-Oriented Innovation Systems, in: Environment Innovation and Societal Transitions, 34, S. 76–79.

**Hofmann, Florian 2019:** Circular Business Models: Business Approach as Driver or Obstructor of Sustainability Transitions?, in: Journal of Cleaner Production 224, S. 361–374.

**Hofmann, Florian; Jaeger-Erben, Melanie 2020:** Organizational Transition Management of Circular Business Model Innovations, in: Business Strategy and the Environment 29 (6), S. 2.770–2.788.

**Hofmann, Florian; Zwiers, Jakob; Jaeger-Erben, Melanie 2021:** Zukünfte einer digitalen Circular Economy, IM+io Best & Next Practices aus Digitalisierung/Management/Wissenschaft 1 (2021), <https://www.im-io.de/geschaeftsmodellkrise/zukuenfte-einer-digitalen-circular-economy/> (15.7.2023).

**IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2021:**

Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

**Jaeger-Erben, Melanie; Hofmann, Florian 2019:**

Kreislaufwirtschaft: Ein Ausweg aus der sozial-ökologischen Krise?, <https://hlz.hessen.de/fileadmin/Publikationen/Pdf/N005-Kreislaufwirtschaft.pdf> (15.7.2023).

**Jansen, Maike; Gerstenberger, Bastian; Bitter-Krahe, Jan; Berg, Holger; Sebestyén, Janos; Schneider, Jonas 2022:**

Current Approaches to the Digital Product Passport for a Circular Economy, Wuppertal Paper 198, <https://wupperinst.org/a/wi/a/s/ad/7852> (15.7.2023).

**Küstner, Silke; Tauer, Rebecca; Breer, Sebastian 2022:**

Hintergrundpapier Circular Economy im Gebäudesektor: Zirkuläre Maßnahmen im Bestand und Neubau zum Schutz von Klima- und Ökosystemen ergreifen, WWF Deutschland, <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Unternehmen/Hintergrundpapier-Circular-Economy-im-Gebaeudesektor.pdf> (15.7.2023).

**Circular Economy Initiative Deutschland 2020:**

Ressourcenschonende Batteriekreisläufe – mit Circular Economy die Elektromobilität antreiben, acatech/SYSTEMIQ, München; London, <https://www.circular-economy-initiative.de/de-circular-economy-initiative-deutschland> (15.7.2023).

**Madaster 2023:** Unsere Plattform, <https://madaster.de/plattform/> (15.7.2023).

**Meloni, Marco; Souchet, Francois; Sturges, Darien 2018:**

Circular Consumer Electronics: An Initial Exploration, Ellen MacArthur Foundation, <https://emf.thirdlight.com/file/24/w2e0YaBwImHCmUw2ADPwy5u5d-/Circular%20Consumer%20Electronics%3A%20An%20initial%20exploration.pdf> (15.7.2023).

**Omer, Mohammed; Kaiser, Melina; Moritz, Manuel; Buxbaum-Conradi, Sonja; Redlich, Tobias; Wulfsberg, Jens P. 2022:**

Democratizing Manufacturing – Conceptualizing the Potential of Open Source Machine Tools as Drivers of Sustainable Industrial Development in Resource Constrained Contexts, in: Herberger, D.; Hübner, M. (Hrsg.): Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics: CPSL 2022, Hannover, S. 256–266.

**Piétron, Dominik; Hofmann, Florian; Staab, Philipp 2022:**

Sustainable Market Design: A Data-Based Approach to the Circular Economy, in: ECDF Working Paper Series #001, <https://api-depositonce.tu-berlin.de/server/api/core/bitstreams/847a2922-a808-4185-b389-f13051bbd061/content> (15.7.2023).

**Piétron, Dominik; Hofmann, Florian; Staab, Philipp 2023:**

Digital Circular Ecosystems: A Data Governance Approach, in: GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society 32 (1), S. 40-46.

**Prakash, Siddarth; Löw, Clara; Dehoust, Günther; Castellero, Lucia Gascon; Hurst, Katharina; Manhart, Andreas; Jacob, Klaus; Fiala, Valentin; Helleckes, Helene 2023:**

Modell Deutschland: Circular Economy, Politik Blueprint, Freie Universität Berlin und Öko-Institut e.V. im Auftrag des WWF Deutschland, Freiburg, [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/MDCE\\_Blueprint.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/MDCE_Blueprint.pdf) (15.7.2023).

**Rat der Europäischen Union 2023:**

Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Batterien und Altbatterien, zur Aufhebung der Richtlinie 2006/66/EG und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/1020 – Ergebnis der ersten Lesung des Europäischen Parlaments (Straßburg, 12. bis 15. Juni 2023), 2020/0353(COD), <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-10488-2023-INIT/DE/pdf> (15.7.2023).

**Ramesohl, Stephan; Berg, Holger; Wirtz, Jonas 2022:** Circular Economy und Digitalisierung: Strategien für die digital-ökologische Industrietransformation, Wuppertal Institut im Auftrag von Huawei Technologies Deutschland GmbH, Wuppertal, [https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7899/file/7899\\_Circular\\_Economy.pdf](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7899/file/7899_Circular_Economy.pdf) (15.7.2023).

**Regierungspräsidium Tübingen 2022:**

Marktüberwachung des Regierungspräsidiums Tübingen überprüft Textilien und stellt bei Stichproben fest: Etiketten sind nicht immer zutreffend, Mängelquote im Bereich Textil liegt bei rund 40 Prozent, <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpt/presse-und-soziale-medien/pressemitteilungen/artikel/marktueberwachung-des-regierungspraesidiums-tuebingen-ueberprueft-textilien-und-stellt-bei-stichproben-fest-etiketten-sind-nicht-immer-zutreffend-maengelquote-im-bereich-textil-liegt-bei-rund-40-prozent/> (15.7.2023).

**Runder Tisch Reparatur 2022:**

Reparatur in der digitalen Gesellschaft: Ein Forderungskatalog im Rahmen des Verbändeprojektes „ReparaturDigital“ im Auftrag des Umweltbundesamts Deutschland, Stuttgart, <https://runder-tisch-reparatur.de/wp-content/uploads/2022/12/RTR-Forderungspapier-Digitalisierung.pdf> (15.7.2023).

**Schubert, Susanne; Bartke, Stephan; Becken, Katja; Breitmeier, Maresa; Brozowski, Frank; DeTroy, Sarah; Grimski, Detlef; Ilvonen, Outi; Keßler, Hermann; Messner, Dirk; Meilinger, Valentin; von Schlippenbach, Ulrike; Schröder, Alice; Schuberth, Jen 2023:**

Umwelt und Klima schützen – Wohnraum schaffen – Lebensqualität verbessern: Empfehlungen von UBA und KNBau für einen nachhaltigen Wohnungs- und Städtebau, Umweltbundesamt, Dessau, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023\\_uba\\_pos\\_wohnraumschaffung\\_bf\\_2auflage.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2023_uba_pos_wohnraumschaffung_bf_2auflage.pdf) (15.7.2023).

**StandICT.eu 2023:** Report of TWG on DDP: Landscape of Digital Product Passport Standards, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7728381> (15.7.2023).

**UBA (Umweltbundesamt) 2016:**

Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“, Abschlussbericht, Dessau, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_11\\_2016\\_einfluss\\_der\\_nutzungsdauer\\_von\\_produkten\\_obsoleszenz.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_11_2016_einfluss_der_nutzungsdauer_von_produkten_obsoleszenz.pdf) (4.8.2023).

**Wagner, Jörg; Steinmetzen, Sonja; Theophil, Laura; Strues Anna-Sophie 2022:**

Evaluation der Erfassung und Verwertung ausgewählter Abfallströme zur Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft, in: Umweltbundesamt TEXTE 31 (2022), [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_31-2022\\_evaluation\\_der\\_erfassung\\_und\\_verwertung\\_ausgewaehelter\\_abfallstroeme\\_zur\\_fortentwicklung\\_der\\_kreislaufwirtschaft.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_31-2022_evaluation_der_erfassung_und_verwertung_ausgewaehelter_abfallstroeme_zur_fortentwicklung_der_kreislaufwirtschaft.pdf) (15.7.2023).

**Walsh, Zack; Böhme, Jessica; Wamsler, Christine 2021:**

Towards a Relational Paradigm in Sustainability Research, Practice, and Education, in: Ambio 50, S. 74–84.

## WEITERE VERÖFFENTLICHUNGEN ZUM THEMA

**Daten für die Circular Economy: Wir zirkuläre Daten-Governance nachhaltiges Wirtschaften ermöglicht**

[LINK](#)

**Zirkuläre Wertschöpfung: Aufbruch in die Kreislaufwirtschaft**

[LINK](#)

**Industriepolitische Zeitenwende: Ein europäischer Inflation Reduction Act**

[LINK](#)

**Partnerschaften für eine internationale Wasserstoffwirtschaft: Ansatzpunkte für die europäische Politik**

[LINK](#)

**Wer hat, dem wird gegeben? Blinde Flecken der Förderpolitik im Bereich Wissenschaft, Forschung, Innovation und Technologie**

[LINK](#)

**Bürgernahe Verwaltung digital? I-Kfz und digitaler Kombiantrag Elternleistungen im Praxistest**

[LINK](#)

**Agrar- und Nährstoffwende: Vergessene Transformationen**

[LINK](#)

**Innovationspolitik in Zeiten des Wandels: Das neue Verhältnis von Markt und Staat**

[LINK](#)

**Weitere Publikationen der Friedrich-Ebert-Stiftung unter [www.fes.de/publikationen](http://www.fes.de/publikationen)**



### Impressum

August 2023

Friedrich-Ebert-Stiftung

Herausgeberin: Abteilung Analyse, Planung und Beratung

Hiroshimastraße 17, 10785 Berlin, Deutschland

[www.fes.de](http://www.fes.de)

Bestellungen/Kontakt: [apb-publikation@fes.de](mailto:apb-publikation@fes.de)

Die in der Publikation zum Ausdruck gebrachten Ansichten sind nicht notwendigerweise die der Friedrich-Ebert-Stiftung.

Publikationen der Friedrich-Ebert-Stiftung dürfen nicht für Wahlkampfzwecke verwendet werden.

CC BY-NC-ND 4.0

ISBN: 978-3-98628-405-3

Titelfoto: picture alliance / imageBROKER | Karl F. Schöffmann, [M] tigerworx

Gestaltungskonzept: [www.leitwerk.com](http://www.leitwerk.com)

Umsetzung/Satz: [tigerworx](#)



Die Digitalisierung ist ein wichtiger und mächtiger Hebel, um die Transformation zu einer umfassenden Kreislaufwirtschaft in Gang zu setzen. Um zirkuläre Wertschöpfung zu ermöglichen, bedarf es eines komplexen Managements von Material- und Stoffströmen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts. Der Schlüssel dazu sind Daten. Auf Grundlage konkreter Use-Cases aus unterschiedlichen Branchen analysiert die vorliegende Studie Chancen und Hürden einer datengestützten Circular Economy. Die Offenlegung und das Teilen von Produktinformationen über Unternehmensgrenzen hinweg wird als zentraler Erfolgsfaktor für neue zirkuläre Ökosysteme und Geschäftsmodelle entlang des gesamten Produktlebenszyklus identifiziert. Das Schlüsselinstrument auf Umsetzungsebene ist das europäische Projekt des digitalen Produktpasses (DPP) mit seinen umfassenden Transparenzpflichten für Unternehmen.

**ISBN 978-3-98628-405-3**

**FRIEDRICH  
EBERT   
STIFTUNG**