

Die Automobilbranche im Kontext der Kreislaufwirtschaft - Stakeholder-Befragung zu Implikationen im Projekt EKODA

Jonathan Gaier¹ und Lily Hinkers¹

¹Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen, Deutschland

Abstract. Die Automobilindustrie steht durch Klimawandel und Ressourcenknappheit vor tiefgreifenden Veränderungen. Im Projekt EKODA wird daher untersucht, wie sich kreislaforientierte Demontage- und Wiederaufbereitungsprozesse automatisieren lassen, um Produkte länger im Wertschöpfungskreislauf zu halten. Dazu wurde eine qualitative Studie mit Stakeholdern verschiedener Bereiche – von Kfz-Herstellern über Versicherungen bis hin zu Carsharing-Anbietern – durchgeführt, die semi-strukturierte Interviews umfasste und nach der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet wurde. Die Ergebnisse geben einen Einblick in spezifische Aktivitäten und Herausforderungen der Befragten und zeigen, dass fehlende Standardisierungen, technische Hürden und divergierende Geschäftsinteressen die Umsetzung einer konsequenten Kreislaufwirtschaft erschweren. Gleichzeitig verdeutlichen sie das Potenzial von digitalen Kennwert- und Handelssystemen, einheitlichen Qualitätsstandards für Gebrauchteile sowie gezielter politischer Förderung. Ein strukturierter, kooperativer Ansatz aller beteiligten Akteure ist nötig, um hochwertige Kreislaufstrategien in der Branche zu etablieren. Eine erfolgreiche Implementierung erfordert neben technischer Innovation vor allem eine enge Abstimmung zwischen Wirtschaft, Politik und Forschung, um Synergien zu nutzen und Akzeptanz zu fördern.

Keywords: Circular Economy, Stakeholder, Interview, Automobil, Akzeptanz

1 Einleitung

Die Circular Economy (Kreislaufwirtschaft) stellt einen systemischen Ansatz zur wirtschaftlichen Entwicklung dar, der darauf abzielt, Abfall und Verschmutzung zu vermeiden, Produkte und Materialien im Kreislauf zu halten und natürliche Systeme zu regenerieren (Ellen MacArthur Foundation, 2025; Kirchherr et al., 2017). Im Gegensatz zur traditionellen linearen Wirtschaft mit ihrem "Take-Make-Dispose"-Modell verfolgt die Kreislaufwirtschaft einen regenerativen Ansatz, bei dem Ressourceninputs und Abfälle, Emissionen sowie Energieverluste durch Verlangsamung, Schließung, Intensivierung und Regenerierung von Material- und Energiekreisläufen minimiert werden (Konietzko et al., 2020).

Die Automobilindustrie steht vor mehreren grundlegenden Transformationen: Der Übergang zu alternativen Antriebstechnologien, steigende Nachhaltigkeitsanforderungen und verschärfte regulatorische Rahmenbedingungen erfordern ein Umdenken entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Das Ziel der deutschen Automobilindustrie ist das Erreichen einer vollständig klimaneutralen Mobilität bis spätestens 2050, im Einklang mit dem Pariser Klimaschutzabkommen. (Verband der Automobilindustrie e.V., 2023)

Mit der Elektrifizierung der Fahrzeugflotte verschieben sich die CO₂-Hotspots signifikant. Während bei konventionellen Fahrzeugen die Nutzungsphase den größten Teil der Emissionen verursacht, gewinnen bei Elektrofahrzeugen die Emissionen aus der Herstellungsphase an Bedeutung (Bieker, 2021; Helmers et al., 2020). Vor dem Hintergrund globaler Lieferketten, geopolitischer Unsicherheiten und steigender Umweltauflagen verlangen Stakeholder – darunter Politik, Endnutzer, NGOs und Partnerunternehmen

– zunehmend ressourceneffiziente, stabile und nachhaltige Produkt- und Servicekonzepte (Lechler et al., 2020).

Während Recycling bereits einen wichtigen Beitrag zur Ressourceneffizienz leistet, zeigt sich, dass höherwertige Kreislaufstrategien wie Reuse (Wiederverwendung), Repair (Reparatur) und Remanufacturing (Wiederaufbereitung) oft ökologisch und ökonomisch vorteilhafter sind (Jørgensen et al., 2018; Landgrebe et al., 2015). Durch diese Strategien können Produkte und Komponenten längere Zeit auf einem hohen Wertniveau im Kreislauf gehalten werden, bevor sie recycelt werden müssen (Achterberg et al., 2016). Eine Herausforderung sind die Anforderungen an die Demontage, die im Gegensatz zur zerstörenden Demontage (Schreddern) für das Recycling, zerstörungssarm oder -frei erfolgen muss, um Komponenten und Baugruppen für die Wiederverwendung zu erhalten.

An dieser Stelle setzt das Projekt EKODA (Effiziente und wirtschaftliche, kreislauforientierte Demontage und Aufbereitung) an. Das Projekt zielt darauf ab, hochwertige Kreislaufstrategien durch die Automatisierung von Demontageprozessen zu erschließen. Im Fokus stehen dabei die Zustandserfassung, automatisierte Demontage und hochwertige Verwertung gebrauchter Automobilkomponenten. (Hemmerle, 2023)

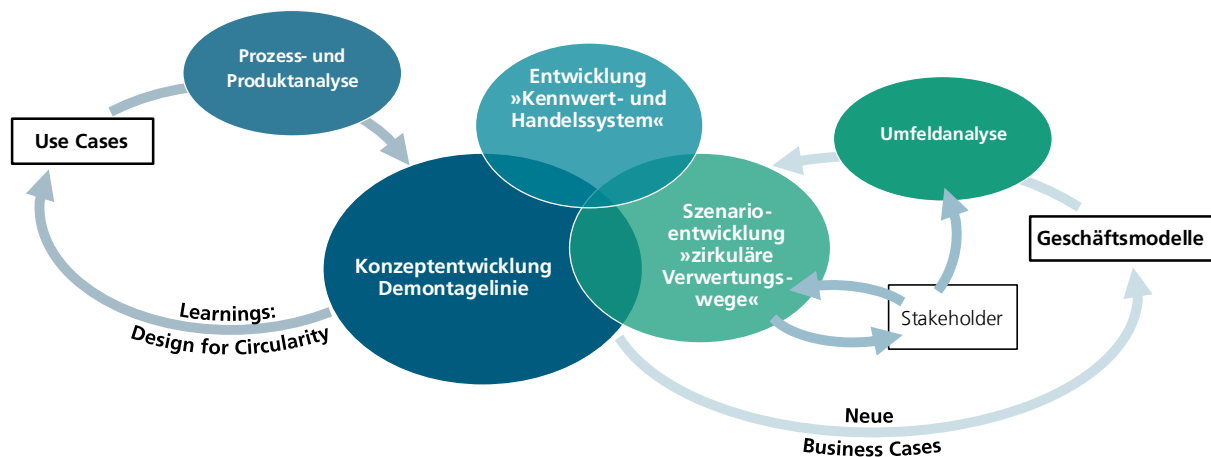


Abbildung 1 Kerntätigkeiten (runde Felder) und Beziehungen (Pfeile) zum Obersystem (eckige Felder) im Projekt EKODA

Eine zentrale Herausforderung besteht darin, dass der aktuelle Demontageprozess noch stark handwerklich geprägt ist. Das übergeordnete Ziel des Projekts besteht darin, hochwertige Kreislaufstrategien in der Branche zu etablieren, indem Demontageprozesse teil- oder vollautomatisiert werden und damit gebrauchtes Material effizient für Weiterverwendungen verfügbar gemacht wird. Dieser Ansatz stärkt die Resilienz der Automobilwirtschaft, da Abhängigkeiten von Primärrohstoffen verringert werden, und fördert die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die Umwelt- und Wirtschaftsziele miteinander verbinden. (Hemmerle, 2023)

Um praktikable Lösungen zu entwickeln und den Transfer in die betriebliche Praxis zu gewährleisten, setzt das Projekt EKODA auf eine enge Stakeholdereinbindung (siehe Abbildung 1). Hierzu zählen Unternehmen aus unterschiedlichen Bereichen der Wertschöpfungskette, wie Fahrzeughersteller, Teilehersteller, Demontagebetriebe sowie Versicherungen und Carsharing-Anbieter. Die gemeinsame Zusammenarbeit ermöglicht es, technische, organisatorische und regulatorische Hindernisse beim Ausbau der CE frühzeitig zu identifizieren und anzugehen.

Die zentrale Forschungsfrage lautet: Was würde die Erreichung des Ziels in EKODA (Automatisierung und damit gesteigerte Wirtschaftlichkeit) für die einzelnen Akteure in der bestehenden Wertschöpfungskette bedeuten?

Daraus ergeben sich relevante Unterfragen:

- UF1: Welche Rolle spielt Kreislaufwirtschaft im Geschäft der einzelnen Akteure der Automobilbranche?
- UF2: Welche Herausforderungen sieht die Automobilbranche beim Wandel zur Kreislaufwirtschaft?
- UF3: Was oder wer könnten potenzielle Wegbereiter für eine erfolgreiche Implementierung von Kreislaufwirtschaftsstrategien, Demontage und Remanufacturing sein?
- UF4: Wie ist die Akzeptanz für aufbereitete Kfz-Komponenten, kreislaufgerechtes Design und Kennwertsysteme in der Anwendung und was sind Einflussgrößen?

2 Methodik

Für die vorliegende Studie wurde ein systematischer Ansatz zur Identifizierung relevanter Stakeholder in der Automobilbranche gewählt. Die typische Wertschöpfungskette für Automobile wurde anhand des Value Hill Konzepts (Achterberg et al., 2016) analysiert. Die Inhalte des Projekts EKODA wurden im Value Hill verortet (siehe Abbildung 2), und verschiedene Stakeholder wurden den entsprechenden Tätigkeiten in der Wertschöpfungskette zugeordnet. Insgesamt wurden 14 Stakeholder-Gruppen identifiziert, die mittelbar oder unmittelbar von den Ergebnissen des Projekts EKODA beeinflusst werden oder diese beeinflussen können.

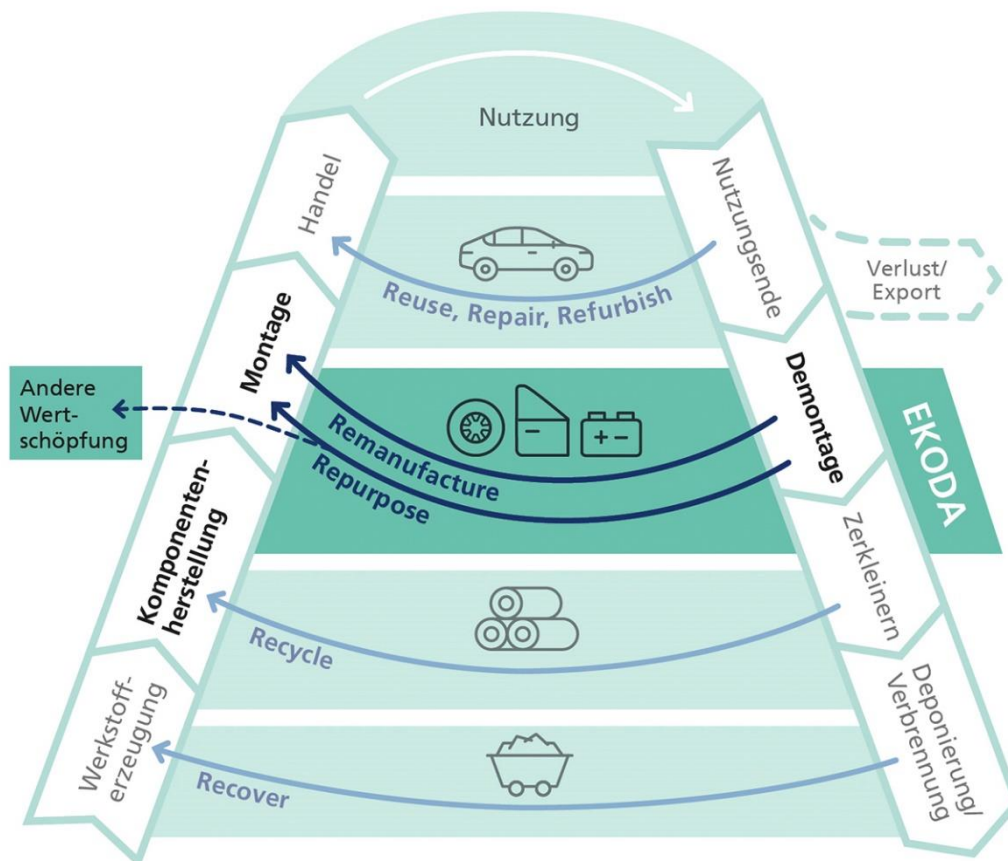


Abbildung 2 Vereinfachte Darstellung der Stakeholder-Identifikation in der automobilien Wertschöpfungskette anhand des Value Hill Konzepts

Insgesamt 14 Stakeholder wurden als besonders relevant eingestuft. Auf dieser Basis wurden über Desktop-Recherchen und Projektkontakte insgesamt 50 potenzielle Firmen ermittelt. Dabei lagen die Schwerpunkte auf einer möglichst großen Abdeckung unterschiedlicher Geschäftsmodelle sowie einem

breiten Spektrum an Betriebsgrößen. In einem weiteren Schritt wurden 60 Ansprechpartner in diesen Unternehmen (etwa auf den jeweiligen Webseiten oder auf LinkedIn) recherchiert. Schließlich kontaktierte das Forschungsteam 40 Personen, um sie zur Teilnahme an Interviews einzuladen.

2.1 Interviewpartner

Von den kontaktierten Personen gaben drei eine direkte Absage, 30 reagierten auch auf Nachfrage nicht, und sieben erklärten sich zu einem Interview bereit. Somit umfasste die finale Stichprobe sieben Unternehmen aus verschiedenen Gliedern der automobilen Wertschöpfungskette:

- Kfz-Teilehersteller (1)
- Kfz-Hersteller / OEM (1)
- Kfz-Demontagebetrieb (1)
- Kfz-Teileaufbereiter (1)
- Car Sharing Anbieter (1)
- Kfz-Versicherer (2)

2.2 Datenerhebung und -auswertung

Basierend auf den Forschungsfragen wurde ein Interviewleitfaden mit bis zu 18 Fragen für semi-strukturierte Interviews entwickelt. Dieser Ansatz wurde gewählt, um einerseits eine Vergleichbarkeit zwischen den Interviews zu gewährleisten und andererseits genügend Flexibilität für die spezifischen Perspektiven der verschiedenen Stakeholder zu bieten.

Von den insgesamt 7 Interviews fanden 6 per Videocall statt, während 1 Interview persönlich vor Ort durchgeführt wurde. Alle Interviews wurden zwischen Januar und Februar 2024 aufgezeichnet und anschließend transkribiert, um eine detaillierte Analyse zu ermöglichen. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels Qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz & Rädiker (2023). Für die vorliegende Studie wurde ein kombinierter Ansatz gewählt, der sowohl deduktive als auch induktive Elemente enthält. Als Ausgangspunkt diente ein deduktives Codesystem, das auf dem Interviewleitfaden basierte. Während der Analyse wurde dieses durch induktiv erzeugte Codes ergänzt, um neue Erkenntnisse und Themen zu erfassen, die im ursprünglichen Codesystem nicht enthalten waren. Auf diese Weise ließen sich sowohl die projektrelevanten Forschungsschwerpunkte gezielt untersuchen als auch unvorhergesehene Aspekte identifizieren (Kuckartz & Rädiker, 2023).

Die Datenanalyse erfolgte in mehreren Schritten:

- a) **Erstkodierung:** Ordnung der Transkriptpassagen nach den deduktiv vorgegebenen Kategorien.
- b) **Feinkodierung:** Ausarbeitung von Subkategorien aus dem Textmaterial, sofern neue Themenkomplexe oder Schwerpunkte erkannt wurden.
- c) **Zusammenführung:** Verdichtung der Codes in Oberthemen, die Aufschluss über Trends, Herausforderungen und mögliche Lösungswege im Kontext der CE in der Automobilbranche geben.
- d) **Interpretation:** Ableitung zentraler Erkenntnisse hinsichtlich der Forschungsfragen.

Dieses Vorgehen gewährleistet eine systematische Strukturierung sowie eine wissenschaftlich fundierte Auswertung der Interviewdaten. (Kuckartz & Rädiker, 2023)

3 Ergebnisse

3.1 Aktuelle Tätigkeit der Stakeholder

Das im Rahmen der Studie befragte Unternehmen in der Kfz-Herstellung hat die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft fest in seine Unternehmensstrategie integriert und konkrete Kennzahlen definiert und überträgt diese bis auf die Ebene der Entwickler und Einkäufer. Diese beinhalten den Einsatz von

Sekundärmaterialien, sowie die Verbesserung der Recyclingfähigkeit. Schulungsmaßnahmen werden für das notwendige Wissen und Bewusstsein der Mitarbeiter durchgeführt.

Die Kfz-Teile-Hersteller konzentrieren sich auf Recyclingstrategien, gehen jedoch auch über das reine Recycling hinaus und verfolgen Möglichkeiten der Digitalisierung und Branchenkooperation. Nach eigenen Aussagen sind sie in Verbänden aktiv, in welchen sie gemeinsam mit anderen Unternehmen Positionen und Zielbilder zur Kreislaufwirtschaft erarbeiten. Digitale Prozesse werden unter anderem zur Dokumentation von Verwertungsnachweisen und zur Demontage der Bauteile erarbeitet. So arbeitet das akteurübergreifende Projekt „Catena-X“ mit virtuellen Produktzwillingen, welche in Richtung Demontage, Sekundärrouten und Ersatzteilerouten verlängert werden. In diesem Zusammenhang betonen die Kfz-Teile-Hersteller, dass bereits hohe Recycling- und Verwertungsquoten erreicht werden, jedoch noch Potenzial für eine hochwertigere Verwertung existiert.

Die befragten Kfz-Versicherungsunternehmen erkennen den Wert gebrauchter oder aufbereiteter Teile bei Reparaturen und sehen darin ökologische wie auch ökonomische Vorteile. Ihr Engagement zielt darauf ab, die Wiederverwendung von Komponenten zu fördern, um zwar auch Ressourcen zu schonen, vor allem aber Kosten in der Schadenregulierung zu reduzieren. In der praktischen Umsetzung werden interne Leitlinien diskutiert, die den verstärkten Einsatz solcher Teile unterstützen. Zudem unterstreichen die Versicherungen ihre Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen, um neue Entwicklungen im Bereich Kreislaufwirtschaft frühzeitig zu erkennen und zu integrieren.

Unternehmen im Bereich Carsharing und Fahrzeugvermietung adressieren zwar die Kreislaufwirtschaft, haben jedoch neben ihrem Grundkonzept des Fahrzeugteilens (Reuse-Aspekt) bislang erst vereinzelt zusätzliche Maßnahmen implementiert.

Die Hauptaktivität des befragten Kfz-Demontagebetriebs besteht in der Demontage von Altfahrzeugen und der anschließenden Materialtrennung, um diese gezielt in andere Wertschöpfungsketten zu überführen. Besonderer Fokus liegt dabei auf der Wiederverwendung intakter Komponenten, um diese in einen zweiten Lebenszyklus zu bringen. Die etablierte Expertise und eingespielten Prozesse verschaffen dem Demontagebetrieb nach eigener Einschätzung einen Wettbewerbsvorteil. Gleichzeitig stellt das Unternehmen klar, dass sie sich durch neue kreislauforientierte Entwicklungen nicht bedroht fühlen, sondern sich eher bestätigt sehen, weil ihre Erfahrungen mit Recycling und Aufbereitung genau den anvisierten CE-Zielen entsprechen.

Bereits seit den 1960er Jahren arbeitet das befragte Unternehmen im Bereich Teile-Aufbereitung nach CE-Prinzipien: Gebrauchte Teile werden systematisch gesammelt, überholt und erneut in den Markt gebracht. Das Hauptziel liegt in der Rohstoffunabhängigkeit und in Kosteneinsparungen, die laut Interviewten die höheren Lohnkosten in Deutschland kompensieren können.

3.2 Herausforderungen für Stakeholder

Ein zentrales Thema ist die Notwendigkeit besserer Kollaboration entlang der Wertschöpfungskette. Insbesondere bei der Rückgewinnung und Wiederaufbereitung von Bauteilen bestehen oft unübersichtliche Strukturen, die eine reibungslose Übergabe der Komponenten erschweren. Ein Automobilteile-Hersteller betont in diesem Zusammenhang, dass es an harmonisierten Prozessen und klar definierten Schnittstellen fehle. Zwar existieren bereits vereinzelt Systeme zur Rückführung ausgedienter Teile, doch sind diese laut Stakeholder häufig entweder technisch veraltet oder in der Praxis kaum standardisiert.

Weiterhin wird ein „Henne-Ei-Problem“ deutlich, das besonders die Kfz-Hersteller betrifft: Für eine effektive Verwertungsinfrastruktur müssten sie Anlagen und Verfahren zur automatisierten Demontage und Sortierung frühzeitig entwickeln. Solange aber die Menge an rücklaufenden Altfahrzeugen – beispielsweise Elektrofahrzeuge mit spezifischen Komponenten – noch verhältnismäßig gering ist, lohnen sich solche Investitionen kaum. Eine gemeinsame Anstrengung mehrerer Unternehmen wäre

sinnvoll, stößt jedoch auf Zielkonflikte in Bezug auf den Erhalt von Wettbewerbsvorteilen und die Hoheit über spezifische Technologiestandards.

Dies resultiert in einer mangelnden Verfügbarkeit qualitativ geprüfter Gebrauchtteile, die für weitere Befragte ein Hindernis in der Adoption zirkulärer Strategien darstellt. Besonders Kfz-Versicherungen weisen darauf hin, dass reparierte oder aufbereitete Komponenten nur dann vermehrt in Schadenfällen eingesetzt werden können, wenn a) die Teile in ausreichender Anzahl vorhanden sind und b) diese eine gleichbleibende Qualität aufweisen. Solange dies nicht gewährleistet sei, bestehe ein hohes Haftungsrisiko. Zugleich sind Anpassungen in Versicherungsverträgen nötig, um den Einsatz von Gebrauchtteilen rechtssicher zu gestalten. Damit eng verbunden ist die Kundenakzeptanz: Einige Versicherte erwarten explizit Neuteile, selbst wenn gebrauchte oder aufgearbeitete Teile wirtschaftlich und ökologisch sinnvoller wären.

Ein weiteres Spannungsfeld betrifft die Arbeitskosten in Deutschland, die Reparaturen bisweilen so teuer machen, dass sich der Einbau von Gebrauchtteilen kaum noch rechnet. Aus Sicht eines Automobilherstellers sind ältere Fahrzeuge auf Komponentenebene zudem schwieriger zu verwerten, weil sich technische Standards im Laufe der Zeit rasant verändern. Sicherheitsrelevante Komponenten – insbesondere in elektronischen Systemen – lassen sich häufig nicht ohne Weiteres wiederverwenden, wenn sie obsolet geworden sind oder strenge Zertifizierungsvorgaben erfüllen müssen.

Einige Anbieter im Carsharing- und Vermietungssektor äußern, dass die kurzfristige Nutzung und der teils sorglose Umgang seitens der Kunden zu einem schnellen Verschleiß führen. Eine intensive Nutzung setzt die Fahrzeuge besonders stark unter Belastung, sodass Reparaturen häufiger anfallen. Dadurch steigt der Bedarf an Ersatzteilen, während gleichzeitig ein zweiter Lebenszyklus durch vermehrte Schäden erschwert wird. Spezielle Überwachungstechnologien sollen hier Abhilfe schaffen, um entsprechende Nutzerpraktiken zu erfassen und Fehlverhalten zu minimieren. Dies löst allerdings nur bedingt das Grundproblem des hohen Ressourcenverbrauchs.

Für Demontagebetriebe ist die geringe und schwer planbare Menge an Altfahrzeugen eine der größten Barrieren. Viele Fahrzeuge tauchen nicht in den offiziell registrierten Verwertungswegen auf und werden beispielsweise exportiert, bevor sie hierzulande recycelt werden könnten. Dies verhindert eine verlässliche Prozessplanung und unterbindet die Etablierung effizienter Strukturen. Zudem fehlen oft genaue Datensätze über den Zustand der eingehenden Fahrzeuge und Bauteile, was eine systematische Sortierung und Wiederverwendung erschwert.

3.3 Stakeholder-Akzeptanz

Die Akzeptanz gebrauchter Fahrzeugkomponenten variiert je nach Anwendungsfall. Bei älteren Fahrzeugen besteht laut Vertretenden der Kfz-Teile- und Fahrzeugherstellung eine Nachfrage nach kostengünstigen Ersatzteilen, was die Bereitschaft zur Nutzung gebrauchter Teile erhöht. Gleichzeitig bestehen Bedenken hinsichtlich Qualität, Sicherheit sowie Garantie- und Haftungsfragen. Kfz-Versicherungen berichten zudem von Kunden, die gezielt Neuteile bevorzugen. Aufbereitete Komponenten stoßen auf größere Akzeptanz, insbesondere wenn ihre Qualität dem Niveau von Neuteilen entspricht. Generalüberholte Getriebe und Motoren gelten als etabliert, speziell bei älteren Fahrzeugen (zeitwertgerechte Reparatur). Während in bestimmten Märkten Aufgeschlossenheit gegenüber solchen Komponenten besteht, bleiben im Premiumsegment sowie bei sicherheitskritischen Teilen und laut Kfz-Teile-Herstellern insbesondere im asiatischen Raum Vorbehalte bestehen.

Auch die Akzeptanz von Circular Design ist differenziert. Fahrzeughersteller beobachten, dass Maßnahmen über gesetzliche Vorgaben hinaus nur dann intern unterstützt werden, wenn ein konkreter Mehrwert erkennbar ist. Während im Premiumsegment hohe Anforderungen an Funktion und Ästhetik bestehen, reichen bestimmten Nutzergruppen im Sharing-Sektor robuste und funktionale Fahrzeuge aus, was die Umsetzung von Circular Design begünstigt. Demontagebetriebe erwarten eine zunehmende Akzeptanz infolge des allgemein wachsenden Umweltbewusstseins und regulatorischen Drucks.

Vertrauen und Transparenz gelten als zentrale Voraussetzungen zur Erhöhung der Akzeptanz gebrauchter und aufbereiteter Fahrzeugkomponenten. Kfz-Versicherungen und Kfz-Sharing betonen die Notwendigkeit von Zertifizierungen und offenen Kriterien, um Vertrauen zu schaffen. Ein unabhängiges Gütesiegel wird hierbei als positiv angesehen, während potenzielle Eigenlösungen von bspw. OEMs eher kritisch betrachtet werden.

3.4 Enabler für Circular Economy

Mehrere Interviewpartnerinnen und Interviewpartner verweisen auf Digitalisierung als einen zentralen, technologischen Hebel, um kreislaforientierte Konzepte in der Praxis effizient umzusetzen. In diesem Kontext heben die befragten Akteure den Aufbau eines Kennwert- und Handelssystems (KHS) hervor, das dazu beitragen soll, gebrauchte Bauteile klar zu bewerten und zu handeln. Damit verbunden ist die Idee, sowohl den Zustand (z. B. Laufleistung, Unfallhistorie, Funktionsprüfung) als auch die Eignung einzelner Teile für eine weitere Verwendung verlässlich zu dokumentieren.

Kfz-Versicherungen würden von einer solchen Systematik profitieren, wenn sie im Schadenfall planbar auf eine Datenbank mit aufbereiteten Teilen zurückgreifen könnten. Kfz-Demontagebetriebe begrüßen die Möglichkeit, Bauteile über standardisierte Kanäle zu vermarkten, anstatt auf zahlreiche fragmentierte Marktplätze angewiesen zu sein. Das wiederum setzt voraus, dass das KHS reibungslos mit bestehenden IT-Strukturen kompatibel ist und sich durch Zertifizierungen oder Transparenzstandards das nötige Vertrauen bei Kundschaft, Versicherern und Werkstattnetzwerken aufbauen lässt. Gleichzeitig äußern mehrere Interviewte, dass ein solches System in der Branche nur zögerlich übernommen wird, wenn Verwaltungsaufwand und technische Hürden zu hoch ausfallen. Eine enge Kooperation zwischen den Beteiligten – von Herstellern über Teile-Aufbereiter bis hin zu Versicherungen – scheint daher essenziell, um einheitliche Bewertungsmaßstäbe und Datenschnittstellen zu etablieren.

Projektbeispiele wie „Catena-X“, welches das Ziel hat ein durchgängiges Datenökosystem für die Automobilbranche zu bieten, weisen den Weg zu einer breit angelegten Dateninfrastruktur, in der sowohl Materialeigenschaften als auch Produktlebensläufe transparent dokumentiert werden können. Demontagebetriebe und Teile-Aufbereiter erwarten sich davon eine verlässlichere Planungsgrundlage, um den Wert gebrauchter Komponenten realistisch einzuschätzen und diese zügig auf dem Markt anzubieten.

Als zweites Schlüsselement wird die Automatisierung von Demontageprozessen, die jedoch vor erheblichen Herausforderungen steht, hervorgehoben. So wird einerseits ein hoher finanzieller und technischer Aufwand für die Anschaffung entsprechender Anlagen betont, andererseits erschweren die unterschiedlichen Fahrzeugtypen und variablen Zustände der Alerteile eine Standardisierung. Nach Überzeugung mehrerer Branchenvertreter wird sich jedoch zumindest eine Teilautomatisierung etablieren, sofern die Menge an rücklaufenden Fahrzeugen steigt und sich dadurch Investitionen amortisieren lassen.

Als drittes Feld identifizieren die befragten Stakeholder politische Maßnahmen und Regulierungen als wichtigen Enabler, der entweder Anreize für kreislaforientiertes Handeln schaffen oder aber durch Vorschriften und Verbote Hemmnisse abbauen kann. Ein wiederkehrendes Thema ist die Notwendigkeit steuerlicher und regulatorischer Anreize, etwa durch reduzierte Mehrwertsteuersätze für gebrauchtes Material oder durch die Festlegung verbindlicher Recyclingquoten. Mehrere Unternehmen, darunter Kfz-Teile-Hersteller und Kfz-Hersteller, befürworten eine Ausrichtung an übergeordneten Umweltzielen (z. B. CO₂-Reduktion), anstatt kleinteiliger Einzelvorgaben. Somit würden Innovationen gefördert und die Unternehmen hätten ausreichend Spielraum, um passgenaue Lösungen zu entwickeln. Für Versicherungen spielt darüber hinaus eine Rolle, dass bestimmte Reparaturmethoden politisch stärker gefördert oder zumindest legalisiert werden (z.B. Aufbereitung von Scheinwerfern).

Neben finanziellen und technischen Maßnahmen wird schließlich auch die Sensibilisierung der Öffentlichkeit durch politische Programme hervorgehoben. Sharing-Anbieter und Demontagebetriebe

weisen darauf hin, dass sich vor allem dann breites Vertrauen und ein entsprechendes Nachfrageverhalten für Gebrauchtteile entwickeln, wenn Aufklärungskampagnen und Austauschformate zwischen Politik und Wirtschaft stattfinden.

4 Diskussion

Im Zentrum der unterschiedlichen Perspektiven, Interessenlagen und Widersprüchen, die bei der Umsetzung kreislauforientierter Konzepte in der Automobilbranche auftreten, stehen die Spannungsfelder, die sich zwischen ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielen sowie den jeweiligen Geschäftsmodellen ergeben.

Die Befragten betonen wiederholt, dass ein finanzieller Vorteil häufig die entscheidende Voraussetzung für eine großflächige Etablierung kreislauforientierter Maßnahmen darstellt. So kann etwa die Aufbereitung gebrauchter Bauteile nur dann attraktiv werden, wenn die Materialkosteneinsparungen die zum Teil erheblichen Arbeitskosten ausgleichen. Das zeigen auch Beispiele aus der Praxis, wonach in Teilen der Branche ökologische Entscheidungen im operativen Alltag häufig den Kostenoptimierungen untergeordnet bleiben.

Dieses Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit zeigt sich bei Investitionen in Demontage- und Recyclingprozesse: Erst hohe Rücklaufmengen an Fahrzeugen oder Batterien rechtfertigen den Aufbau automatisierter Anlagen. Doch solange das Volumen gering bleibt, zögern Unternehmen, finanziell in Vorleistung zu gehen.

Zudem treten Interessenkonflikte zwischen den einzelnen Akteuren hervor. So erhoffen sich Kfz-Versicherungen durch den verstärkten Einsatz von aufbereiteten Teilen bei Schadenfällen Kosteneinsparungen, während Kfz-Hersteller zum Teil höhere Erlöse mit Neuteilen erzielen. Auch wird aus Herstellerperspektive argumentiert, dass ältere Ersatzteile nicht immer kompatibel sind und sicherheitsrelevante Bauteile teilweise einer gesonderten Zertifizierung bedürfen, was die Wiederverwendung erschwert.

Einige Akteure machen auf technische Zielkonflikte aufmerksam, etwa wenn das Kleben von Bauteilen einerseits die Fahrzeugmasse reduziert und damit die Effizienz in der Herstellungs- und Nutzungsphase erhöht, andererseits die Demontage erschweren kann. Auch die hohe Variantenvielfalt bei Fahrzeugplattformen, Materialien und Baugruppen wirkt sich negativ auf die Skalierbarkeit kreislauforientierter Lösungen aus. Hier sehen sowohl Kfz-Hersteller als auch Kfz-Teile-Hersteller einen gemeinsamen Bedarf an Standardisierungen, um Wieder- bzw. Weiterverwendung in größerem Umfang zu ermöglichen.

Ein wiederkehrendes Thema ist die Lückenhaftigkeit bei Daten über zurücklaufende Altfahrzeuge. Stakeholder im Demontagebereich kritisieren, dass viele Fahrzeuge ins Ausland exportiert werden, bevor sie recycelt werden könnten. Außerdem existieren noch zu wenige verlässliche Informationssysteme, um Zustand, Laufleistung oder Unfallhistorie von Bauteilen ganzheitlich nachzuverfolgen. Dies erschwert die Qualitätssicherung und verhindert einen reibungslosen Handel mit gebrauchten Komponenten. In diesem Kontext wurden die Einführung eines Kennwert- und Handelssystems (KHS) sowie Digitalisierungsinitiativen wie „Catena X“ von Teilen der Befragten ausdrücklich begrüßt. Gleichzeitig äußerten gerade kleinere und mittlere Unternehmen Skepsis bezüglich der hohen Implementierungskosten und der Frage, inwiefern ein solches System verpflichtend oder freiwillig gestaltet werden soll.

4.1 Implikationen für Forschung und Praxis

Automatisierte Demontageprozesse lassen sich nur rentabel gestalten, wenn gemeinsame Normen, Bauteil-Designs und Standards für Wiederaufbereitung und Qualitätssicherung etabliert sind. Eine enge Kooperation zwischen Akteuren der Wertschöpfungskette ist dafür essenziell. Förderprogramme können

dabei helfen, komplexe Fragestellungen wie Design for Circularity oder eine standardisierte Teilebewertung gemeinsam zu bearbeiten. Daten- und Informationsmanagement sind zentrale Voraussetzungen für effiziente Aufbereitungsprozesse und ein verlässliches Teileangebot. Fördergeber sollten Projekte unterstützen, die auf Automatisierung, digitale Fahrzeugpässe und offiziell anerkannte Gütesiegel setzen. Entscheidend ist die Skalierbarkeit solcher Lösungen, damit Unternehmen jeder Größe davon profitieren.

Eine bessere Demontierbarkeit und Modularisierung von Fahrzeugkomponenten erleichtert den Einstieg in die Kreislaufwirtschaft. Herstellende Betriebe können Erfahrungen aus Reparatur- und Aufbereitungsprozessen nutzen, um Bauteile so zu gestalten, dass sie mit möglichst geringem Aufwand austausch- und wiederverwendbar sind. Dabei sollten Aspekte wie Leichtbau, Sicherheit und Reparaturfreundlichkeit frühzeitig abgewogen werden. Der Aufbau eines effektiven Teilkreislaufs erfordert verbindliche Qualitätsvorgaben und geregelte Zulassungsprozesse für Gebraucht- und Refurbished-Komponenten, insbesondere bei sicherheitsrelevanten Bauteilen. Gemeinsame Standards, etwa über Branchenverbände, steigern Markttransparenz und Vertrauen in mehrfach nutzbare Teile.

Politische Barrieren lassen sich verringern, indem etwa die Mehrwertsteuer auf aufbereitete Teile gesenkt oder Recyclingquoten gesetzlich festgelegt werden. Eine Harmonisierung der Zulassungs- und Qualitätsstandards auf europäischer Ebene sowie die konsequente Durchsetzung bestehender Vorschriften (z. B. Verwertungsnachweise) schaffen einheitliche Prozesse und unterstützen eine kreislauforientierte Wirtschaft. Zertifizierungsverfahren und Gütesiegel erhöhen das Vertrauen in gebrauchte oder aufbereitete Bauteile. Informationskampagnen und Aufklärungsinitiativen können gegenüber Verbrauchenden verdeutlichen, dass solche Komponenten zuverlässig und sicher sind – vorausgesetzt, anerkannte Normen und Standards werden eingehalten.

Aufgrund der Heterogenität der Stakeholder sind Forschungsarbeiten erforderlich, die spezifische Geschäftsmodelle, Wertschöpfungsketten und technische Lösungen stärker kontextbezogen betrachten. Zukunftsstudien können sich beispielsweise auf die Analyse unterschiedlicher Fahrzeugsegmente (Elektroantriebe, konventionelle Antriebe, Nutzfahrzeuge) konzentrieren und die Anpassungsfähigkeit kreislaufwirtschaftlicher Konzepte in diesen Teilmärkten erforschen. Ebenso besteht Bedarf an detaillierteren Untersuchungen zu Geschäfts- und Finanzierungsmodellen, die vor allem KMU den Einstieg in ressourceneffiziente Demontage- und Aufbereitungsprozesse erleichtern.

5 Zusammenfassung und Fazit

Die vorliegende Untersuchung verdeutlicht die vielfältigen Chancen und Herausforderungen, die mit dem Wandel hin zu einer konsequenten Kreislaufwirtschaft in der Automobilbranche einhergehen. Im Zentrum steht das Spannungsverhältnis zwischen ökonomischen und ökologischen Zielen, das in vielen Bereichen nur durch entsprechende Anreize und Rahmenbedingungen aufgelöst werden kann. Im Rahmen der Interviewstudie konnten die initialen Forschungsfragen zusammenfassend wie folgt beantwortet werden:

- UF1: **Rolle der Kreislaufwirtschaft:** Die verschiedenen Akteure der Automobilbranche – von Kfz-Herstellern und Teileherstellern über Versicherungen und Carsharing-Anbieter bis hin zu Demontagebetrieben – binden die Kreislaufwirtschaft in unterschiedlichem Ausmaß in ihr Geschäft ein. Kfz-Hersteller und Teilehersteller verfolgen gezielt Strategien wie den Einsatz von Sekundärmaterialien oder Design-for-Circularity. Versicherungen entdecken aufbereitete Teile vor allem zur Kostenreduktion in Reparaturprozessen, während Carsharing-Unternehmen die Ressourcenschonung durch gemeinsames Fahrzeugnutzen betonen. Demontagebetriebe und Aufbereiter agieren eng am Kern der Kreislaufwirtschaft, indem sie Altfahrzeuge zerlegen und deren Komponenten für eine zweite Nutzung aufbereiten.
- UF2: **Herausforderungen:** Hauptbarrieren beim Wandel zur Kreislaufwirtschaft sind fehlende Standardisierungen (z.B. für Demontage- und Qualitätsprozesse), divergierende

Geschäftsinteressen (Wettbewerb vs. Kooperation) und wirtschaftliche Unsicherheiten beim Aufbau automatisierter Anlagen. Auch die noch relativ niedrigen Rücklaufmengen erschweren Investitionen. Haftungsfragen, erhöhte Arbeitskosten und die teilweise geringe Verfügbarkeit qualitativ geprüfter Gebrauchtteile wirken ebenfalls bremsend. Die rasante Entwicklung neuer Fahrzeugarchitekturen (z. B. Elektromobilität) kürzt die Phase, in der alte Bauteile sinnvoll wiederverwendbar sind.

- UF3: **Potenzielle Wegbereiter:** Als Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Implementierung gelten technologische Innovation (etwa automatisierte Demontage- und Prüfsysteme), digitale Lösungen für Datentransparenz (z.B. Kennwert- und Handelssysteme), politische Anreize (verbindliche Recyclingquoten, steuerliche Erleichterungen) und Kooperationen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg.
- UF4: **Akzeptanz für zirkuläre Aspekte:** Die Akzeptanz gebrauchter oder aufbereiteter Fahrzeugteile ist bei älteren Fahrzeugsystemen und kostenbewussten Kunden relativ hoch; im Premiumsegment oder bei sicherheitskritischen Komponenten bestehen eher Vorbehalte. Wesentliche Einflussgrößen sind Zertifizierungen, Garantien und einheitliche Qualitätsstandards, die Vertrauen schaffen. Digital gestützte Nachverfolgung (z.B. Zustandserfassung über Fahrzeugpässe) und transparente Informationen zur Teilehistorie erhöhen zusätzlich die Akzeptanz sowohl bei Endkundschaft als auch bei Versicherern und Werkstätten.

Aufgrund des Aufbaus der Studie ergeben sich mögliche Limitationen, die die Ergebnisse beeinflusst haben könnten und bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Mit sieben Interviewten aus unterschiedlichen Bereichen bietet die Untersuchung Einblicke, die jedoch aufgrund der kleinen Stichprobengröße nicht alle Unternehmenstypen und Stakeholder im vollen Umfang repräsentieren. Durch das eingesetzte Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse konnten zwar tiefere Erkenntnisse gewonnen werden, die Übertragbarkeit auf andere Branchen oder Regionen muss jedoch weiter validiert werden. Eine Quantifizierung der Einflussgrößen konnten dabei nicht realisiert werden. Die rasanten Veränderungen in der Automobilindustrie (z.B. durch E-Mobilität) beeinflussen Rücklaufmengen und technische Anforderungen. Die Studienergebnisse bilden lediglich eine Momentaufnahme, die sich künftig durch veränderte Politik- und Marktbedingungen weiterentwickeln könnte. Kleinere Demontagebetriebe, Zulieferbetriebe oder Betriebe außerhalb des europäischen Raums wurden nicht im gleichen Umfang erfasst, sodass hier tiefere Untersuchungen sinnvoll erscheinen.

Die im Projekt EKODA angestrebte Automatisierung von Demontageprozessen und die damit verknüpfte höhere Wirtschaftlichkeit werden als potenzieller Katalysator für hochwertige Kreislaufstrategien gesehen. Ohne aufwändige Handarbeit steigert eine automatisierte Demontage die Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit gebrauchter Fahrzeugteile. Für Kfz-Hersteller und -Teilehersteller eröffnet dies neue Geschäftsmodelle (z.B. durch planbare Rücklaufmengen), Versicherungen können Kostenvorteile bei Reparaturen erzielen, und Demontagebetriebe profitieren von schnelleren, besser planbaren Prozessen.

Insgesamt dokumentiert die Arbeit, dass ein wirtschaftlich tragfähiger Ansatz zur Kreislaufwirtschaft im Automobilsektor eng mit der Einbindung relevanter Stakeholder, der Bereitstellung entsprechender rechtlicher und finanzieller Anreize sowie mit verlässlich verfügbaren Dateninfrastrukturen verknüpft ist. Gelingt es, die skizzierten Konflikte in Kooperationen zu transformieren und Standardisierungen zu fördern, könnte die Automobilindustrie einen signifikanten Beitrag zur Ressourcenwende leisten. Gleichzeitig offenbart sich die Notwendigkeit, technische Innovationen eng mit gesellschaftlichen und politischen Prozessen zu verzahnen, um langfristig den Wandel von linearen Produktions- und Nutzungsstrukturen hin zu einem geschlossenen Kreislaufsystem zu realisieren.

6 Danksagung

Die Studie wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts „Effiziente und wirtschaftliche, kreislauforientierte Demontage und Aufarbeitung“ (Kurztitel: „EKODA“, Förderkennzeichen 02J21E150) durchgeführt. Das BMBF hatte keinen Einfluss auf Planung, Durchführung und Auswertung der Studie.

7 Quellenverzeichnis

- Achterberg, E., Hinfelaar, J. & Bocken, N. (2016) *Master Circular Business with the Value Hill* [Online]. Verfügbar unter <https://hetgroenebrein.nl/wp-content/uploads/2017/08/finance-white-paper-20160923.pdf> (Abgerufen am 7 März 2022).
- Bieker, G. (2021) *A Global Comparison of the Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Combustion Engine and Electric Passenger Cars*.
- Ellen MacArthur Foundation (Hg.) (2025) *What is a circular economy?* [Online]. Verfügbar unter <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview> (Abgerufen am 11 Juni 2025).
- Helmers, E., Dietz, J. & Weiss, M. (2020) “Sensitivity Analysis in the Life-Cycle Assessment of Electric vs. Combustion Engine Cars under Approximate Real-World Conditions”, *Sustainability*, Vol. 12, No. 3, S. 1241.
- Hemmerle, A. (2023) *Ein zweites Leben für Batterie, Getriebe und Zahnräder* [Online]. Verfügbar unter <https://www.iwu.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/PM-2023-ein-zweites-leben-fuer-batterie-getriebe-und-zahnraeder.html>.
- Jørgensen, M. S., Remmen, A., Guldmann, E., Brodersen, S. & Pedersen, S. (2018) “Slowing and narrowing resource flows as part of circular economy business strategies”, *Third International Conference of the Sustainable Consumption Research and Action Initiative (SCORAI)*. Copenhagen, Denmark.
- Kirchherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. (2017) “Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions”, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 127, S. 221–232.
- Konietzko, J., Bocken, N. & Hultink, E. J. (2020) “Circular ecosystem innovation: An initial set of principles”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 253, S. 119942.
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2023) *Qualitative content analysis: Methods, practice and software*, 2. Aufl., Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC, Melbourne, SAGE.
- Landgrebe, D., Bergmann, M., Kräusel, V., Rautenstrauch, A., Werner, M. & Laue, R. (2015) „Ressourcenschonende Produktion“, *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Vol. 110, No. 11, S. 690–693.
- Lechler, S., Canzaniello, A., Wetzstein, A. & Hartmann, E. (2020) “Influence of different stakeholders on first-tier suppliers’ sustainable supplier selection: insights from a multiple case study in the automotive first-tier industry”, *Business Research*, Vol. 13, No. 2, S. 425–454.
- Verband der Automobilindustrie e.V. (2023) *Zukunft der automobilen Kreislaufwirtschaft: Klimaneutrale Mobilität bis spätestens 2050*.

8 Biografien

Jonathan Gaier ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut UMSICHT und hat einen Master-Abschluss in Maschinenbau. Mit sieben Jahren Berufserfahrung in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Fertigung, Konstruktion, Vertriebsingenieurwesen und After-Sales verfügt er über ein umfassendes Verständnis von technischen und geschäftlichen Prozessen. Bei Fraunhofer UMSICHT begleitet Jonathan Unternehmen bei ihrer Transformation hin zu Circular Economy und Nachhaltigkeit. Seine Arbeit konzentriert sich auf die Entwicklung innovativer Methoden und Werkzeuge, die eine zirkuläre Produktentwicklung unterstützen und nachhaltige Geschäftsmodelle ermöglichen. jonathan.gaier@umsicht.fraunhofer.de

Lily Hinkers ist wissenschaftliche Hilfskraft am Fraunhofer-Institut UMSICHT und studiert im Masterstudiengang Umweltingenieurwesen. Zuvor absolvierte sie ihren Bachelor im Technischen Umweltschutz an der TU Berlin. Sie bringt zwei Jahre Erfahrung im Bereich der Lebenszyklusanalyse mit und hat sich in diesem Kontext intensiv mit der Bilanzierung zirkulärer Produktsysteme und Rebound-Effekten auseinandergesetzt. An der Schnittstelle von Technik und Nachhaltigkeitsbewertung unterstützt sie bei der Entwicklung von Methoden für Produktdesign nach Prinzipien der Circular Economy. lily.hinkers@umsicht.fraunhofer.de