



**Recyclinggerechte  
Konstruktion &  
Demontage**

**Wo stehen deutsche  
Schlüsselindustrien?**

Florian Hansen & Jan H. Seelig

# 1 Einleitung

Die produzierende Industrie sieht sich hinsichtlich der Etablierung einer belastbar vermittelbaren Nachhaltigkeit ihrer Produkte zunehmend vor größere Herausforderungen gestellt. Dies betrifft aus rohstofflicher Sicht besonders die Seite der Rohstoff- und Materialbeschaffung als auch das End-of-Life (EoL) der Produkte. Durch intelligentes Recycling können beide Bereiche gemeinsam effizienter werden. Besonders komplexe Produkte, die aus einer Vielzahl von Bauteilen mit unterschiedlichen Materialien und unter Verwendung verschiedener Fügeverfahren aufgebaut werden, stellen dabei besondere technische Herausforderungen dar. Die etablierten Materialtrennverfahren durch mechanische Zerkleinerung mit anschließender maschineller Sortierung führen zu unzureichend aufgetrennten Materialfraktionen. Als Lösungsansatz wird die Verbesserung von Produktdesigns hinsichtlich der Eignung für Recyclingverfahren verfolgt (Design-for-Recycling).

Ein weiterer Ansatz, der auf die Änderung der verwendeten Verfahren im End-of-Life abzielt und bei komplexen Produkten aufgrund von Fortschritten der Technologie (z.B. Datenverarbeitung, Automatisierung) zunehmend möglich wird, ist die gezielte Demontage. Diese erlaubt eine Auftrennung der im Produktionsprozess erzeugten Materialverbindungen an ihren Fügstellen. Auch hier ist eine geeignete Anpassung des Produktdesigns zur Optimierung möglich (Design-for-Disassembly).

Die Notwendigkeit zur Berücksichtigung des Design-for-Recycling bzw. Design-for-Disassembly (im weiteren Verlauf D4X) in der Produktentwicklung ist bereits vor der Jahrtausendwende formuliert worden. Am CUTEC Forschungszentrum sind D4X-Ansätze Inhalt verschiedener Projekte<sup>1</sup> zur automatisierten Demontage komplexer Industrieprodukte. Eine breite Etablierung in der Industrie scheint jedoch bisher nicht stattzufinden. Den realen Stand gilt es daher zu prüfen.

## Wie weit ist die Industrie mit der Umsetzung von D4X sowie der Demontage heute?

Um diese Frage zu klären, wurde eine Online-Umfrage erstellt (siehe Anhang). Mehrere tausend im VDA und VDMA organisierte Unternehmen wurden per Email um ihre Teilnahme gebeten. Darüber hinaus wurden auch Mitarbeiter des VDMA befragt. Der Maschinen- und Anlagenbau sowie die Automobilindustrie wurden im Vorfeld basierend auf zwei Kriterien als Zielgruppe ausgewählt:

1. Diese Industriezweige repräsentieren einen bedeutenden Anteil der deutschen Industrie. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz umschreibt die Branchen wie folgt:

*„Die Automobilindustrie ist die größte Branche des Verarbeitenden Gewerbes und gemessen am Umsatz der mit Abstand bedeutendste Industriezweig in Deutschland. Die Unternehmen der Branche erwirtschafteten im Jahr 2019 einen Umsatz von gut 436 Milliarden Euro und beschäftigten direkt knapp 833.000 Personen.“<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Projekt: Nachhaltige Digitalisierung – Ultraeffizienz und Digitalisierung, TP: Industrielle Demontagefabrik 4.0  
Projekt: Industrielle Demontage von Batteriemodulen und E-Motoren zur Sicherung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe für die E-Mobilität

„[...] der deutsche Maschinen- und Anlagenbau gilt als führende Export- und Innovationsbranche. Der sehr stark mittelständisch geprägte Maschinen- und Anlagenbau stellt komplexe Erzeugnisse für die gesamte Wirtschaft her und verwertet technologisch anspruchsvolle Vorprodukte. Er spiegelt die gesamte Bandbreite des Leistungsvermögens der deutschen Industrie und ist maßgeblicher Innovationstreiber unter anderem in den Bereichen Industrie 4.0, ressourcenschonender Umweltschutz, Energieeffizienz und Elektromobilität. [...] Die über 6.600 Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus erzielten mit über einer Million Beschäftigten im Jahr 2019 einen Gesamtumsatz in Höhe von ca. 229 Mrd. Euro.“<sup>3</sup>



2. Die Produkte der befragten Industriezweige sind aufgrund der Komplexität der Produktstruktur sowie der oft beinhalteten werthaltigen Materialmischung besonders geeignet für ein möglichst hochwertiges Recycling.

Im Zeitraum von März bis April 2021 hatten die adressierten Unternehmen Zeit, an der Umfrage teilzunehmen. Von insgesamt 167 Teilnehmenden haben 79 Teilnehmende die Umfrage vollständig beantwortet. Dabei wurde die Umfrage in folgende Blöcke aufgeteilt:

- F1–F7: Allgemeine Fragen, um die Antworten der Teilnehmenden in einen größeren Kontext setzen zu können
- F8–F11: Spezifische Fragen, um die bei den Teilnehmenden vorhanden Kenntnisse zum Thema D4X festzustellen
- F12–F25: Themenblock Material und Recycling
- F26–F40: Themenblock Konstruktion und Demontage

Im Folgenden sollen die Antworten der Teilnehmenden dargestellt und deskriptiv analysiert werden<sup>4</sup>, sodass eine Übersicht über den Status Quo gegeben werden kann.

---

<sup>2</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-automobilindustrie.html>

<sup>3</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-maschinen-und-anlagenbau.html>

<sup>4</sup> Angegebene Prozentwerte wurden stets ganzzahlig gerundet.

## 2 Analyse

### 2.1 Allgemeine Fragen

Die erste Frage diente der Erfassung der Branchen, in denen die Teilnehmenden zum Zeitpunkt der Umfrage arbeiteten. Mehrfachantworten waren dabei möglich. Die Antworten, die unter *andere* angegeben wurden, sind entweder in bestehende Kategorien eingegliedert oder neu geschaffenen Kategorien zugeordnet worden. Von den 167 Teilnehmenden haben  $n = 110$  auf diese Frage geantwortet und dabei 184 Antworten gegeben (Abbildung 1).



Abbildung 1: Branchen des Kerngeschäfts der Unternehmen

Die am stärksten vertretenen Branchen sind der *Anlagenbau*, *Elektrik/Elektronik/Multimedia*, *Mess-, Prüf- und Regeltechnik* sowie *Robotik und Automation*. Die hohe Anzahl an Anlagenbauern erklärt sich dadurch, dass vornehmlich Mitglieder des VDA und VDMA adressiert wurden.

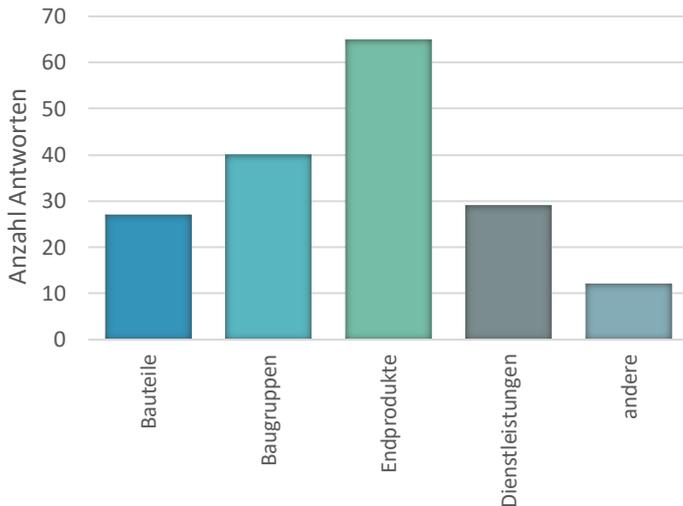


Abbildung 2: Art der produzierten Produkte der Teilnehmenden

In der zweiten Frage wurde gefragt, was für Arten von Produkten von den Teilnehmenden hergestellt werden (Abbildung 2). Wie auch in Frage 1 gab es die Möglichkeit, Mehrfachantworten zu geben. Es haben  $n = 107$  Teilnehmende 173 Antworten gegeben.

Dabei zeigt sich, dass mit knapp über 60 % die meisten Teilnehmenden unter anderem Endprodukte produzieren, was damit die meistgewählte Kategorie darstellt.

Die Antworten auf Frage 3 zeigen die Verteilung der teilnehmenden Unternehmen auf unterschiedliche Größenklassen<sup>5</sup> ( $n = 106$ , keine Mehrfachnennungen möglich, Abbildung 3).

Die meisten Teilnehmenden arbeiten in Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitenden, auch allgemein gibt es Indizien, dass die Unternehmen der Teilnehmenden eher als kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) einzuordnen sind.

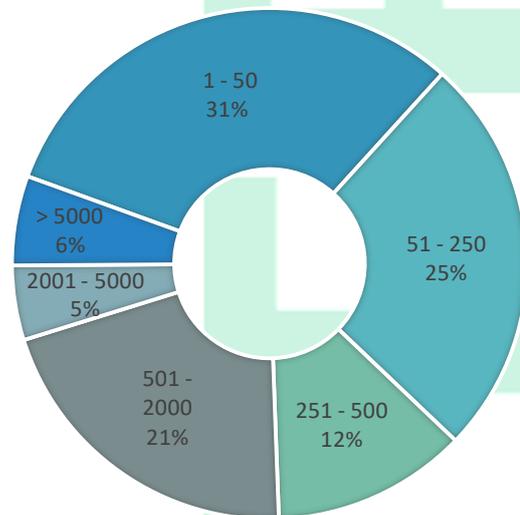


Abbildung 3: Größe der teilnehmenden Unternehmen (Anzahl Mitarbeiter)

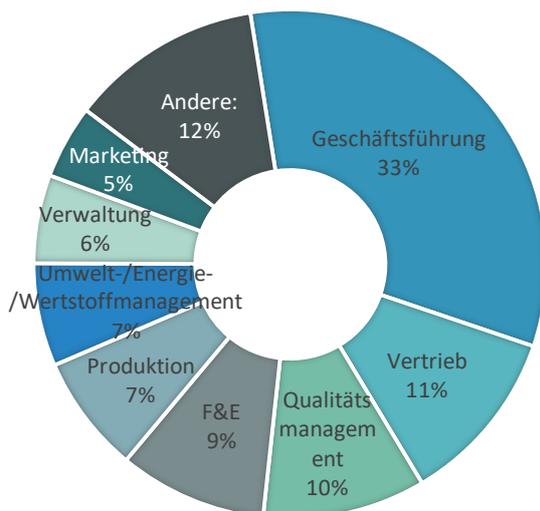


Abbildung 4: Tätigkeitsbereiche der Teilnehmenden

Die Teilnehmenden arbeiteten zum Zeitpunkt der Befragung in den folgenden Tätigkeitsbereichen ( $n = 107$ , keine Mehrfachnennungen möglich) (Abbildung 4).

Es zeigt sich, dass rund ein Drittel aller Teilnehmenden der Geschäftsführung angehören. Weitere stark vertretene Tätigkeitsbereiche sind Vertrieb, Qualitätsmanagement (QM) sowie Forschung und Entwicklung (F&E).

<sup>5</sup> Einteilung nach Definition der Unternehmensgrößen nach: Klodt (2021): Mittelstand – Ausführliche Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/mittelstand-40165/version-263557>. Abgerufen: 02.11.2021

Die Teilnehmenden wurden gebeten, das Umweltbewusstsein der sie beschäftigenden Unternehmen einzuschätzen (n = 96) (Abbildung 5). Die Einschätzung wurde per Schieberegler (0–100) zwischen *umweltbewusst* (100) und *nicht umweltbewusst* (0) abgegeben.

## Unternehmen in Selbsteinschätzung umweltbewusst

Zur besseren Darstellung wurden die Antworten in Intervalle eingeteilt. Der Mittelwert über alle Antworten liegt bei circa 64,8, die Standardabweichung liegt bei circa 21,2. Tendenziell lässt sich eine hohe Selbsteinschätzung hinsichtlich des selbstwahrgenommenen Umweltbewusstseins feststellen.

In der nächsten Frage wurde die Verwendung verschiedener Managementsysteme erhoben. Dabei wurde nach Systemen für Umweltmanagement (n = 103), Nachhaltigkeitsmanagement (n = 106), Ideenmanagement (n = 104) sowie Energiemanagement (n = 103) gefragt (Abbildung 6).

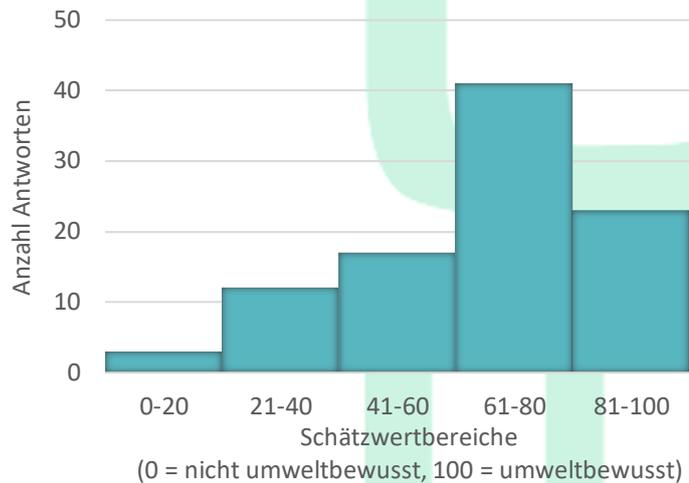


Abbildung 5: Von den Befragten eingeschätztes Umweltbewusstsein der eigenen Unternehmen

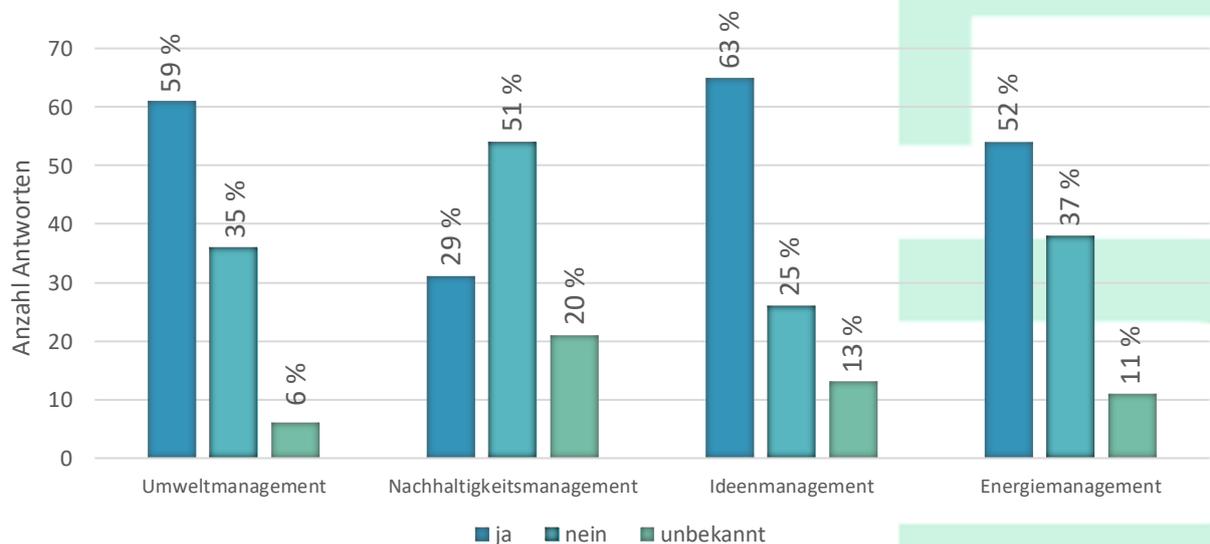


Abbildung 6: Verbreitung verschiedener Managementsysteme in Unternehmen

Vorhanden sind häufig Ideenmanagementsysteme (63 %) und Umweltmanagementsysteme (59 %) sowie oft auch Energiemanagementsysteme (52 %) in den teilnehmenden Unternehmen. Nachhaltigkeitsmanagementsysteme sind bei der Mehrheit der Teilnehmenden nicht vorhanden (51 %) bzw. ist dies unbekannt (20 %).

## Nachhaltigkeitssysteme wenig verbreitet

Ressourceneffizienz wurde für diese Frage thematisch in die zwei Blöcke Energie und Material aufgeteilt. Bei der Selbsteinschätzung der unternehmensinternen Bedeutung von Ressourceneffizienz in diesen beiden Bereichen zeigt sich eine relativ ähnliche Verteilung (Abbildung 7). Die Einschätzung wurde wiederum per Schieberegler (0–100) zwischen *nicht hoch* (0) und *hoch* (100) abgegeben.

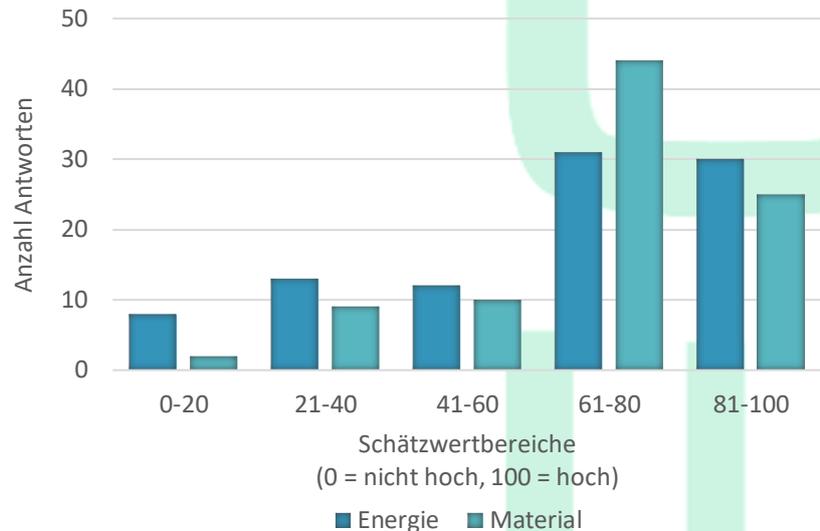


Abbildung 7: Bedeutung von Ressourceneffizienz hinsichtlich Energie und Material

Insgesamt erreichte dabei die angegebene Bedeutung von Ressourceneffizienz in den Unternehmen hinsichtlich Energie einen Mittelwert von 64,6 mit einer Standardabweichung von 26,5 (n = 94), hinsichtlich Material hingegen einen Mittelwert von 70,2 bei einer Standardabweichung von 21,5 (n = 90).

## 2.2 Spezifische Fragen

Die Frage nach der Bekanntheit des Begriffs *Recyclinggerechte Konstruktion* ergab ein relativ ausgeglichenes Ergebnis mit 54 Teilnehmenden, die diesen bereits kannten und 45 Teilnehmenden, denen der Begriff vor der Umfrage nicht bekannt war (n = 99).

Die Frage nach dem Verständnis des Begriffs *Recyclinggerechte Konstruktion* wurde durch Eingabe in ein Freitextfeld beantwortet (n = 48). Es wurde eine qualitative Inhaltsanalyse vorgenommen, dabei wurden die Antworten wurden nach einem deduktiv-induktiven Hybridansatz kategorisiert. Als häufigste Begriffe wurden genannt:

- *Trennfähigkeit* (34 Assoziationen)
- *Materialien* (20 Assoziationen)
- *Stoffliches Recycling* (18 Assoziationen)
- *Produktentwicklung* (17 Assoziationen)
- *Lebenszyklus* (15 Assoziationen)

Die Frage nach der Rolle, die *Recyclinggerechte Konstruktion* im Unternehmen der Befragten einnimmt, wurde ebenfalls durch Eingabe in ein Freitextfeld beantwortet ( $n = 66$ ). Die Auswertung erfolgte qualitativ durch deduktive Kategorisierung – einerseits hinsichtlich der aus der Antwort hervorgehenden Wichtigkeit der recyclinggerechten Konstruktion (hoch, mittel, niedrig, keine) und andererseits hinsichtlich der Motivationsherkunft (intrinsisch vs. extrinsisch). Zwölf Antworten der Teilnehmenden konnten nicht in den genannten Kategorien bewertet werden.

Es zeigte sich, dass bei 37 % der kategorisierten Antworten recyclinggerechte Konstruktion keine Rolle spielt. Niedrige und mittlere Wichtigkeit treten mit 24 % respektive 26 % der Antworten etwa gleichhäufig auf. Lediglich 13 % der Antworten konnte in die Kategorie *hohe Wichtigkeit* eingeordnet werden.

**Recyclinggerechte  
Konstruktion hat  
untergeordnete  
Rolle**

Die Kategorisierung hinsichtlich der Motivationsherkunft konnte bei 17 Antworten vorgenommen werden. Dabei zeigte sich eine ausgeglichene Verteilung mit neun intrinsisch und acht extrinsisch assoziierten Antworten.

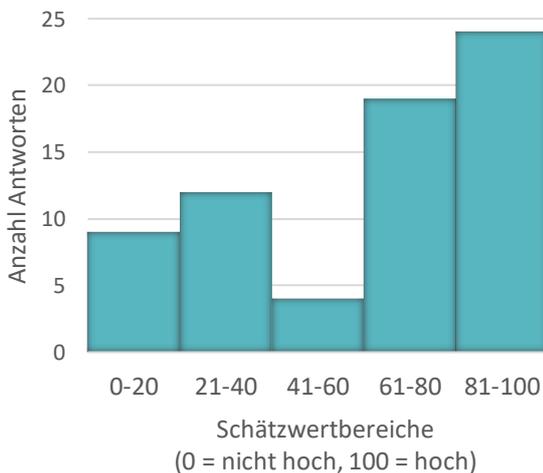


Abbildung 8: Geschätzter Einfluss recyclinggerechter Konstruktion im Produktentstehungsprozess auf langfristige ökonomische Ziele

Die Antworten auf die Frage nach dem geschätzten Einfluss recyclinggerechter Konstruktion im Produktentstehungsprozess auf langfristige ökonomische Ziele ( $n = 68$ ) lassen nach Einordnen in die fünf Intervalle (Abbildung 8) eine bimodale Verteilung vermuten.

Die beschriebene bimodale Verteilung lässt auf zwei stark vertretene Meinungen unter den Teilnehmenden schließen. Entsprechend sollte auch der Mittelwert von 63,7 und die Standardabweichung von 30,1 vorsichtig betrachtet werden. Die Mehrheit der Teilnehmenden sieht jedoch tendenziell einen hohen Einfluss der recyclinggerechten Konstruktion auf langfristige ökonomische Ziele.

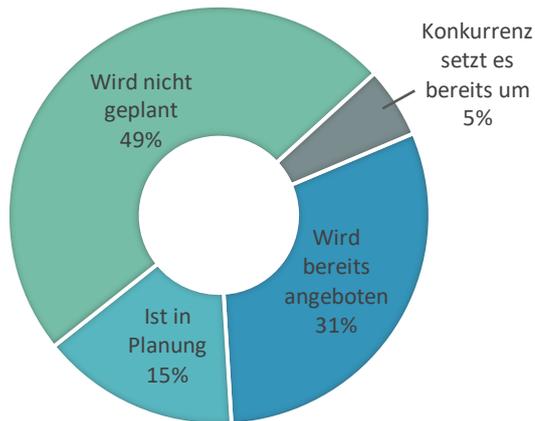
## 2.3 Material und Recycling

In der nächsten Frage hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, in einem Freitextfeld anzugeben, welche Eigenschaften ihrer Produkte einem schnellen Wandel unterliegen. Es erfolgte eine qualitative Auswertung nach einem deduktiv-induktiven Hybridansatz, wobei von  $n = 65$  gegebenen Antworten 12 verworfen wurden, da diese offensichtlich nicht zur Frage passten. Durch Clusterung ergaben sich die folgenden, häufigst genannten Kategorien:

- Prozesstechnik und -steuerung (exkl. Software) (18 Assoziationen)
- Software (8 Assoziationen)
- Effizienz (10 Assoziationen)
- Keine Eigenschaften unterliegen einem schnellen Wandel (13 Assoziationen)

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass die deduktiv gebildeten Kategorien *Rechtliche Anforderungen* und *Design* nur eine Assoziation beziehungsweise keine Assoziation hervorgerufen haben. Selten konnten Assoziationen mit den Kategorien *Kundenanforderungen* (2), *Sicherheit / Zuverlässigkeit* (4) sowie *Materialien* (5) erzeugt werden.

Rund 61 % der Teilnehmenden geben an, dass auch nach älteren Produkten ihrer Unternehmen noch eine signifikante Nachfrage besteht, auch wenn innovativere Produktserien auf den Markt gebracht wurden (n = 89).



In der nächsten Frage sollte erfasst werden, inwiefern die reine Vermarktung der Leistung von Produkten / Maschinen oder Anlagen anstelle eines Verkaufs ein denkbares Geschäftsmodell für die befragten Unternehmen wäre.

## Vermarktung der Leistung seltenes Geschäftsmodell

Abbildung 9: Aussagen, ob die reine Vermarktung der Leistung von Produkten / Maschinen oder Anlagen anstelle eines Verkaufs ein denkbares Geschäftsmodell wäre

Rund die Hälfte der Teilnehmenden (n = 86) gibt an (Abbildung 9), dass ein solches Geschäftsmodell nicht geplant wird (49 %). Die andere Hälfte lässt auf die grundsätzliche Machbarkeit schließen, da angegeben wurde, dass ein solches Geschäftsmodell bereits bei der Konkurrenz umgesetzt wird (5 %), in Planung ist (15 %) oder bereits angeboten wird (31 %).

Rund 71 % der Teilnehmenden (n = 91) geben an, dass in ihrem Unternehmen gebrauchte Produkte wiederaufbereitet werden.

Sofern die vorhergehende Frage verneint wurde, wurden die Teilnehmenden zusätzlich um eine Begründung für die nicht erfolgende Wiederaufbereitung gebrauchter Produkte gebeten. Die Antworten wurden per Eingabe in ein Freitextfeld abgegeben (n = 24).

Es erfolgte eine qualitative Auswertung nach einem deduktiv-induktiven Hybridansatz. 23 Teilnehmende beantworteten die Frage, teilweise unter Nennung mehrerer Gründe. Folgende Gründe wurden am häufigsten genannt:

- Hohe Kosten/ hoher Aufwand (7 Assoziationen)
- Mangelnde Nachfrage (3 Assoziationen)
- Hohe Lebensdauer der Produkte (6 Assoziationen)
- Qualitätsbedenken (3 Assoziationen)
- Technische Aktualität (4 Assoziationen)

Jeweils zweimal als Hinderungsgrund genannt wurden: *Technische Machbarkeit*, *Durchführung durch Dritte* sowie *Bestehende Vorgaben*.

Mit etwa 49 % gibt knapp die Hälfte der Teilnehmenden (n = 87) an, dass die Wiederaufbereitung ihrer Produkte einen höheren Anteil manueller Arbeit erfordert bzw. erfordern würde, als die entsprechende Neuproduktion.

Weiterhin wurde von den Teilnehmenden eine Einschätzung über die Bereitschaft der Kunden erbeten, inwiefern diese bereit wären, wiederaufbereitete Produkte bzw. Ersatzteile zu beziehen. Die Einschätzung wurde per Schieberegler (0–100) zwischen *nicht hoch* (0) und *hoch* (100) abgegeben.

Nach der Einordnung der Antworten (n = 66) in die Intervalle (Abbildung 10) lässt sich eine bimodale Verteilung vermuten. Dabei liegt der Mittelwert bei 52,57 bei einer Standardabweichung von 30,06. Bei der Einschätzung der Kundenbereitschaft zeigen sich somit wiederum zwei verhältnismäßig stark differenzierbare Meinungen.

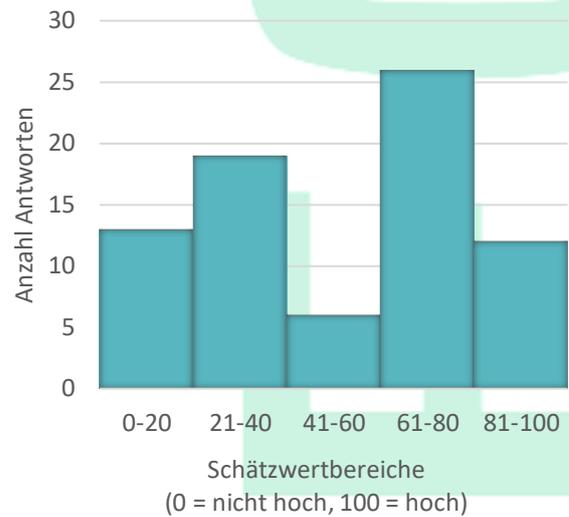


Abbildung 10: Schätzwerte der Bereitschaft der Kunden, wiederaufbereitete Produkte / Ersatzteile zu beziehen

## Gebrauchtprodukte kein Hemmnis für Innovationen

Mit etwa 85 % gab die Mehrheit der Teilnehmenden an, dass die Vermarktung gebrauchter Produkte die Innovationskraft Ihres Unternehmens nicht hemmen könnte (n = 84).

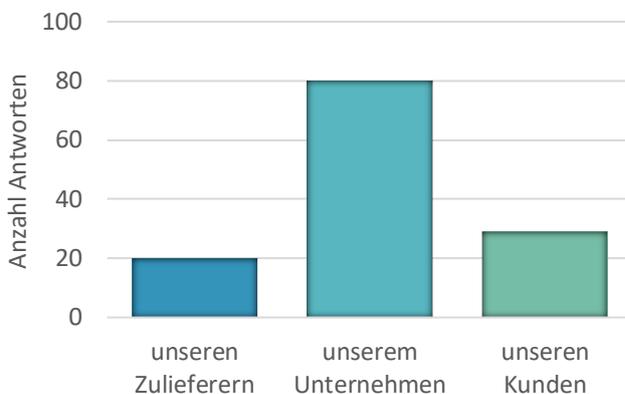


Abbildung 11: Vorhandensein der Kenntnis über Materialzusammensetzungen sämtlicher Komponenten bei verschiedenen Stakeholdern

Gefragt wurde weiterhin, ob im eigenen Unternehmen die Materialzusammensetzung sämtlicher Komponenten der hergestellten Produkte bekannt sind, und ob diese Information auch bei den Zulieferern sowie den Kunden vorliegt. 84 Teilnehmende beantworteten die Frage.

Der höchste Bekanntheitsgrad (95 %) ist in den befragten Unternehmen selbst vorzufinden (Abbildung 11). Bei Kunden (35 %) und Zulieferern (24 %) wird der Bekanntheitsgrad von den Teilnehmenden deutlich niedriger angegeben.

Anschließend wurde eine Einschätzung der zukünftigen Gefährdung der Verfügbarkeit der von den teilnehmenden Unternehmen verwendeten Rohstoffe erbeten. Die Einschätzung wurde per Schieberegler (0–100) zwischen *nicht gefährdet* (0) und *gefährdet* (100) abgegeben (Abbildung 12).

Dabei zeigt sich, dass mit einem Mittelwert von rund 34,8 und einer Standardabweichung von 26,7 die Verfügbarkeit der von den Teilnehmenden verwendeten Rohstoffe eher als nicht gefährdet eingeschätzt wird.

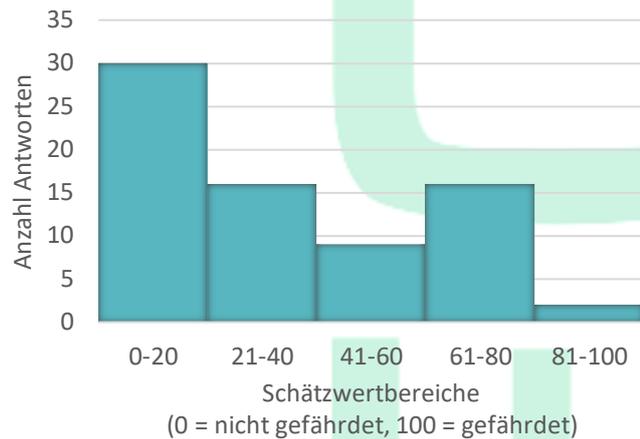


Abbildung 12: Einschätzung der zukünftigen Gefährdung der von den teilnehmenden Unternehmen verwendeten Rohstoffe

Weiterhin wurde gefragt, ob in der Vergangenheit bereits eine Knappheit eines benötigten Rohstoffes auftrat, die das jeweilige Unternehmen der Teilnehmenden (n = 86) beeinflusst hat. Dabei sagt die Mehrheit mit knapp 70 %, dass keine entsprechende Knappheit eintrat.

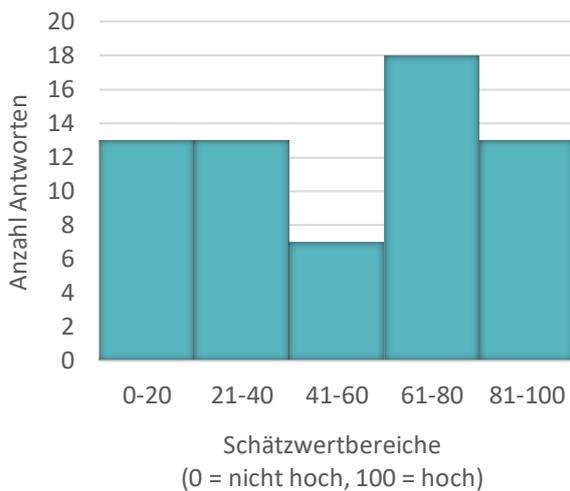


Abbildung 13: Höhe der Abhängigkeit der Teilnehmenden von Zulieferern und Auftraggebern, sodass Produktmodifikationen schwerer umgesetzt werden können

Neben der Abhängigkeit von Rohstoffen wurde ebenfalls die Abhängigkeit der Teilnehmenden von Zulieferern oder Auftraggebern erhoben, mit Hinblick auf die erschwerte Umsetzung von Produktmodifikationen (n = 64). Die Einschätzung der Abhängigkeit wurde per Schieberegler (0–100) zwischen *nicht hoch* (0) und *hoch* (100) abgegeben (Abbildung 13).

Im Teilnehmendenfeld zeigen sich tendenziell zwei schwach differenzierte Meinungen. Bei einem Mittelwert von 51,7 und einer Standardabweichung von 31,0 lässt sich eine bimodale Verteilung vermuten. Insgesamt lässt sich keine klare Aussage über die Abhängigkeit von Zulieferern und Auftraggebern treffen.

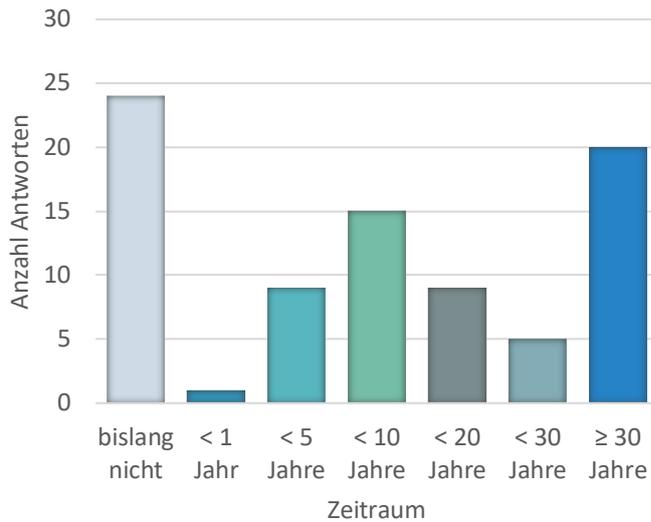


Abbildung 14: Zeitraum, über den die teilnehmenden Unternehmen bereits Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz im Bereich Produktgestaltung/-design oder Konstruktion vornehmen

Fortführend wurde gefragt, seit wann in den Unternehmen der Teilnehmenden ( $n = 83$ ) Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz im Bereich Produktgestaltung/-design oder Konstruktion durchgeführt wurden (Abbildung 14).

Knapp ein Drittel der Teilnehmenden (29 %) haben bislang keine Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz durchgeführt, jedoch gibt knapp ein Viertel der Teilnehmenden (24 %) an, seit über 30 Jahren ebensolche Maßnahmen bereits durchzuführen. 30 % der Teilnehmenden haben Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz erst innerhalb der letzten zehn Jahre gestartet.

Zwei Drittel der Teilnehmenden ( $n = 87$ ) geben an, dass Ihnen die Vorgehensweisen und Herausforderungen beim Recyceln Ihrer Produkte bekannt sind (67 %).

## 2.4 Konstruktion und Demontage

Weiterhin wurde gefragt, in welcher Form bereits im Konstruktionsprozess Rücksicht auf das Recycling am EoL genommen wird (Abbildung 15). Dabei konnten die Teilnehmenden ( $n = 79$ ) zwischen leichtere Demontierbarkeit, Verzicht auf Compounds, Fokus bei besonders recyclingfähigen Materialien, geringe Anzahl verschiedener Materialien sowie bislang noch nicht und Andere (Freitextfeld) auswählen. Mehrfachnennungen waren möglich.

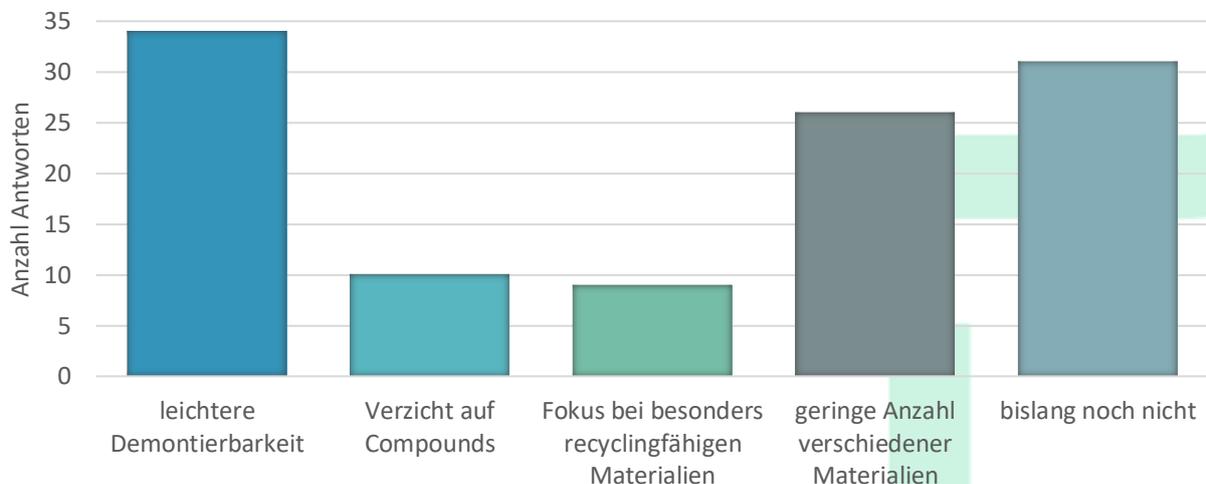


Abbildung 15: Form der Rücksichtnahme im Konstruktionsprozess auf Recycling am EoL

Die Teilnehmenden, welche eine Recyclingfähigkeit berücksichtigen, fokussieren sich besonders auf leichtere Demontierbarkeit sowie die Verwendung einer geringeren Anzahl verschiedener Materialien. Materialspezifische Maßnahmen wie der Verzicht auf Compounds sowie die Verwendung besonders recyclingfähiger Materialien finden eher geringe Anwendung. Rund 39 % der Teilnehmenden gaben an, dass im Konstruktionsprozess bislang keine Rücksicht auf das Recycling am EoL genommen wird.

## Im Konstruktionsprozess hauptsächlich technische Herausforderungen für das Recycling

Die folgende Frage sollte Erkenntnisse darüber liefern, was im Konstruktionsprozess die besonderen Herausforderungen hinsichtlich der Berücksichtigung des Recyclings sind. Es erfolgte eine qualitative Auswertung nach einem deduktiv-induktiven Hybridansatz, wobei von  $n = 35$  gegebenen Antworten sieben verworfen wurden, da diese offensichtlich nicht zur Frage passten. Durch Clustering ergaben sich die folgenden, häufigst genannten Herausforderungen:

- Technische Herausforderungen (15 Assoziationen)
- Abhängigkeiten von Zulieferern / Kundenanforderungen (7 Assoziationen)
- Haltbarkeit (3 Assoziationen)
- Organisatorische Herausforderungen (3 Assoziationen)
- Wirtschaftlichkeit (3 Assoziationen)

Vier Teilnehmende gaben an, dass keine Herausforderungen bestehen. *Effizienz* und *Informationsmanagement* wurden jeweils einmal erwähnt.

Weiterhin war von Interesse, vor welchem Hintergrund in den befragten Unternehmen Ansätze der recyclinggerechten Konstruktion in der Produktentwicklung verfolgt werden ( $n = 71$ ). Vorgegebene Antwortmöglichkeiten waren *ökologisches Bewusstsein*, *ökonomische Ziele*, *Außendarstellung*, *Gesetzgebung*, *Konkurrenzfähigkeit* sowie *Erschließung von Fördermöglichkeiten*. Zudem konnten weitere Gründe als Freitext eingegeben werden. Mehrfachnennungen waren möglich.

Als häufigste Gründe für die Verfolgung von Ansätzen der recyclinggerechten Konstruktion in der Produktentwicklung wurden *Gesetzgebung* (54 %) und *ökonomische Ziele* (51 %) angegeben, dicht gefolgt von *ökologisches Bewusstsein* (45 %) und *Konkurrenzfähigkeit* (39 %). Die Gründe *Außendarstellung* (27 %) und *Erschließung von*

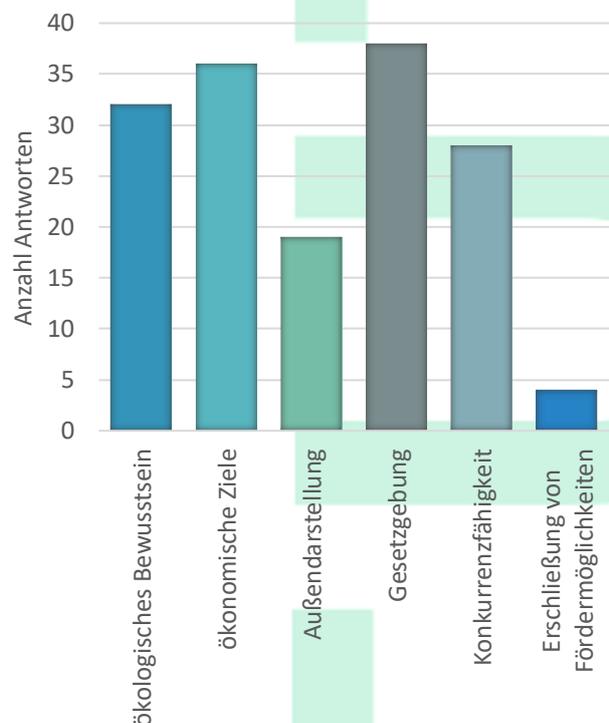
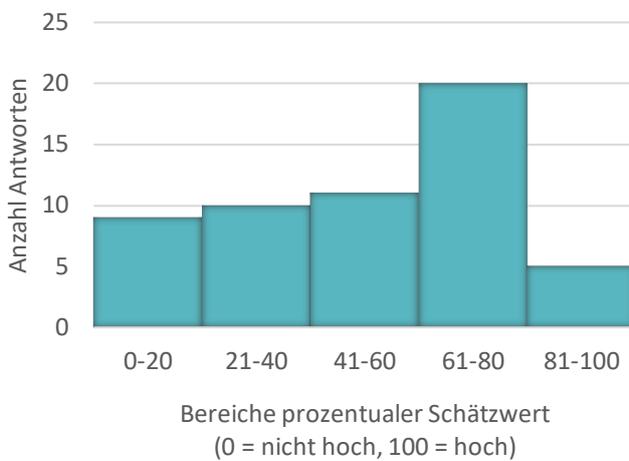


Abbildung 16: Gründe für das Verfolgen von Ansätzen der recyclinggerechten Konstruktion in der Produktentwicklung

*Fördermöglichkeiten* (6 %) werden seltener angegeben. Als weitere Gründe wurde die Betrachtung im Rahmen von Verbundforschung sowie der Kundenwunsch nach Weiternutzung und Modernisierung bestehender Anlagen angegeben.



In Frage 29 wurden die Teilnehmenden gebeten, den erforderlichen Mehraufwand für recyclinggerechte Konstruktion einzuschätzen (n = 55).

Nach der Einordnung der Antworten in die Intervalle (Abbildung 17) ergibt sich keine eindeutige Meinung. Der Mittelwert liegt bei 53,5 bei einer Standardabweichung von 26,1.

Abbildung 17: Einschätzung des Mehraufwands für recyclinggerechte Konstruktion

55 % der Befragten können sich vorstellen, dass recyclinggerechte Konstruktion in Zukunft eine stärkere Bedeutung in Ihrem Unternehmen erfährt (n = 77).

Durch die nächste Frage wurden die Teilnehmenden gebeten, die folgende Aussage zu bewerten: *Das frühzeitige Einbeziehen recyclinggerechter Konstruktion führt zu einer leichteren Automatisierbarkeit der Demontage unserer Produkte* (n = 62). Die Einschätzung der Abhängigkeit wurde per Schieberegler (0–100) zwischen stimme nicht zu (0) und stimme zu (100) abgegeben.

Die Bewertung zeigt zwei vergleichsweise stark differenzierbare Meinungen (Abbildung 18). Der Mittelwert beträgt 50,1 bei einer Standardabweichung von 37,2.

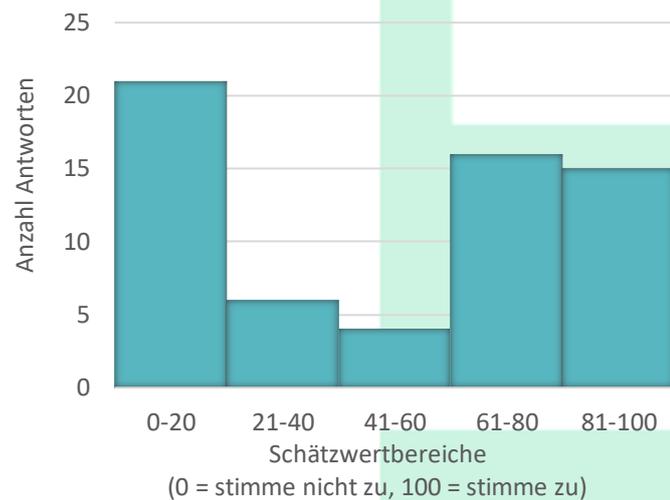


Abbildung 18: Bewertung der Aussage: „Das frühzeitige Einbeziehen recyclinggerechter Konstruktion führt zu einer leichteren Automatisierbarkeit der Demontage unserer Produkte“

Sieben vorgegebene Antworten sowie eine Möglichkeit zur Eingabe von Freitextantworten waren für die Frage nach den Hindernissen der Steigerung der Demontierbarkeit von Produkten gegeben (n = 76).

**Demontierbarkeit vs. Sicherheits- und Qualitätsanforderungen?**

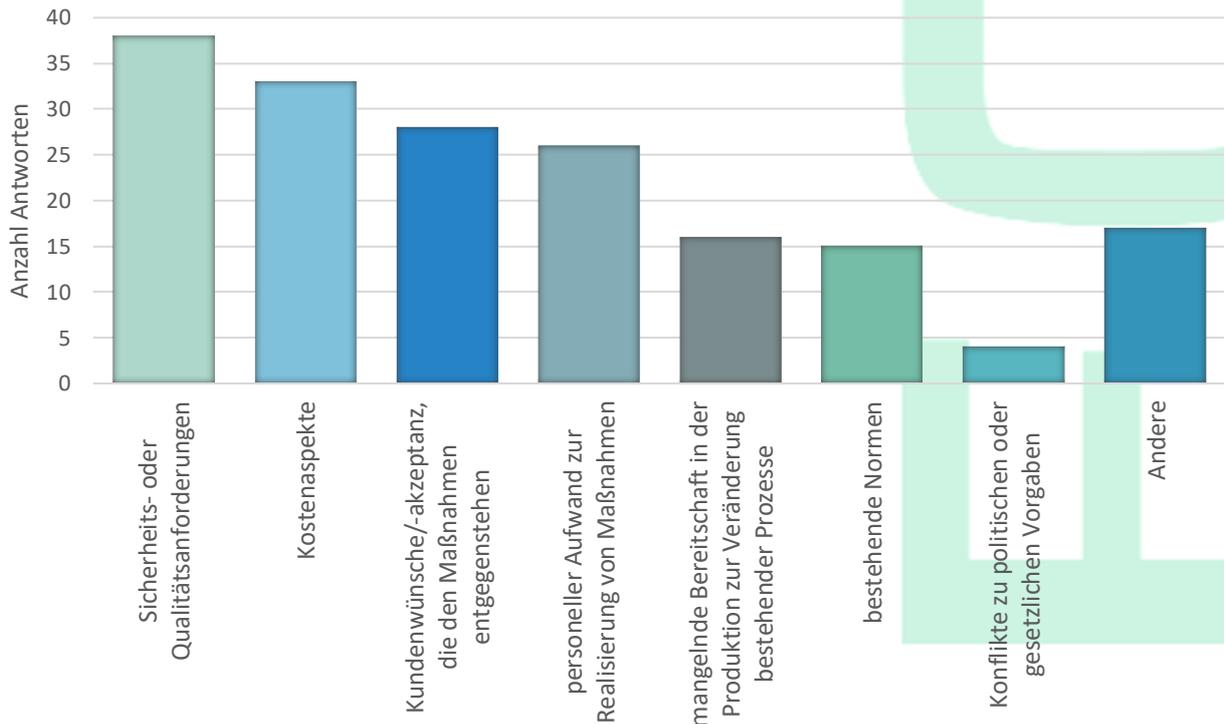
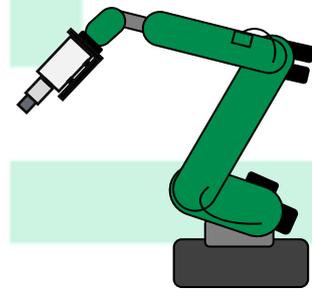


Abbildung 19: Hindernisse der Steigerung der Demontierbarkeit von Produkten

Die am häufigsten angegebenen Hindernisse für die Steigerung der Demontierbarkeit von Produkten sind *Sicherheits- oder Qualitätsanforderungen* (50 %) sowie *Kostenaspekte* (43 %) (Abbildung 19). Über ein Drittel der Teilnehmenden gibt zudem an, dass *Kundenwünsche bzw. Kundenakzeptanz* (37 %) sowie *personeller Aufwand* (34 %) hinderlich sind. Lediglich 5 % der Antwortenden geben hingegen *Konflikte zu politischen oder gesetzlichen Vorgaben* als Hinderungsgrund an.

Unter *Andere* wurde per Eingabe in ein Freitextfeld unter anderem genannt, dass es keine Bestrebung zur Verbesserung der Demontierbarkeit gibt, da eine Demontage der betreffenden Produkte bisher noch nicht durchgeführt wird. Weitere Gründe sind der hohe Anteil zugelieferter Bauteile im Produkt. Der mangelnde durch Demontage zu erzielende Vorteil gegenüber Wettbewerbern wird ebenfalls aufgeführt.



In der nächsten Frage wurden die Teilnehmenden um eine Einschätzung des erforderlichen Mehraufwands für eine demontagegerechte Konstruktion gebeten (n = 56).

Die Einordnung in die Schätzwertbereiche zeigt eine vergleichsweise breite Verteilung der Antworten mit zwei deutlich häufiger gewählten Schätzwertbereichen (0–20 und 61–80, Abbildung 20). Dies lässt eine schwach bimodale Verteilung vermuten. Der Mittelwert beträgt 49,7 bei einer Standardabweichung von 31,0.

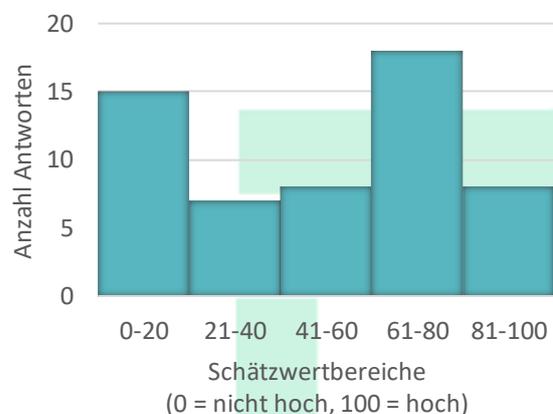


Abbildung 20: Einschätzung des Mehraufwands für demontagegerechte Konstruktion

In der nächsten Frage wurden die Teilnehmenden nach den größten Herausforderungen für eine vollständige Automatisierung der Demontage ihrer Produkte gefragt (Abbildung 21, n = 75).

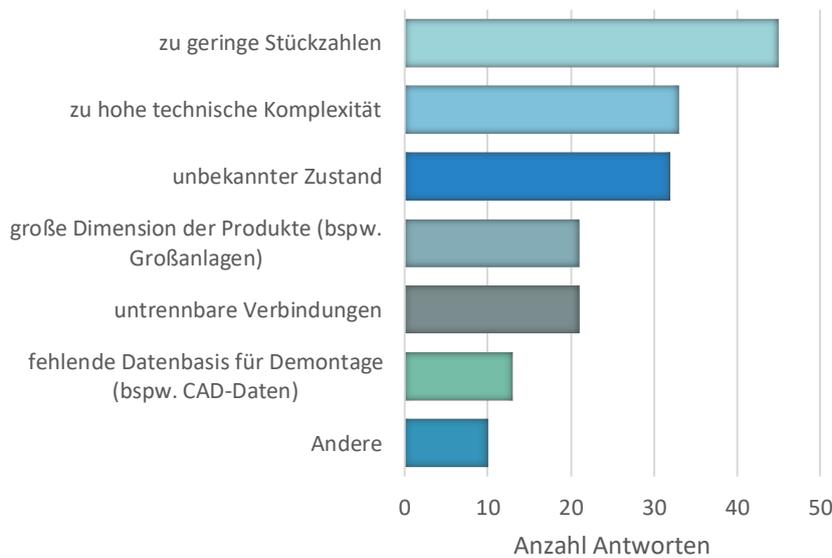


Abbildung 21: Herausforderungen für eine vollständige Automatisierung der Demontage von Produkten der Teilnehmenden

Mehrfachantworten waren bei der Beantwortung durch vorgegebene Kategorien sowie ein Freitextfeld möglich. Insgesamt wurden 175 Antworten gegeben.

Als häufigste angegebene Herausforderung erwiesen sich die *zu geringen Stückzahlen* der Produkte (60%). Weitere häufig genannte Gründe sind *zu hohe technische Komplexität* (44%) und *unbekannter Zustand* (43%).

Unter *Andere* wurde per Eingabe in ein Freitextfeld unter anderem genannt, dass die betreffenden Produkte nur im Fall von Reklamationen oder Ersatzbestellungen von den Kunden zurückgeliefert werden. Als daraus abzuleitendes Hindernis kann der zu geringe Rücklaufstrom angeführt werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die fehlende Berücksichtigung der Demontage im Zuge der Produktentwicklung. Zudem wurde die Meinung geäußert, dass sich Einzelstücke nicht automatisiert demontieren lassen.

**Geringe Stückzahlen verhindern Automatisierung**

Mit einer Mehrheit von 83 % äußern die Teilnehmenden (n = 78), dass eine Wiederverwendung von (Teil-)Komponenten ihrer hergestellten Produkte realisierbar ist.

Die folgende Frage war nur sichtbar für die Teilnehmenden, die die vorherige Frage verneint haben (n = 10); es wurde nach den Gründen für die Nicht-Wiederverwendung von (Teil-)Komponenten ihrer hergestellten Produkte gefragt. Als meistgenannte Gründe lassen sich *Wirtschaftlichkeit*, *lange Nutzungsdauer der Produkte (bis ans EoL)* und *sicherheitskritische Anwendungen* zusammenfassen. Ein Teilnehmender äußert zudem die Angst vor Raubkopien.

Knapp die Hälfte der Teilnehmenden (45 %) gibt an, dass wiederaufbereitete Bauteile / Maschinen / Anlagen in ihrem Portfolio angeboten werden (n = 76).

In der nächsten Frage sollte ermittelt werden, welche Aspekte am wichtigsten sind, wenn ein Produkt der Branchen der Teilnehmenden wiederverwendet werden soll. Die Auswahlmöglichkeiten waren dabei die Aspekte *Betriebssicherheit*, *Lebensdauer*, *Optik*, *aktueller Stand der Technik* sowie *andere* mit der Möglichkeit einer Freitextantwort (Abbildung 22, n = 77). Mehrfachnennungen waren möglich.

**Produktoptik kaum Bedeutung für Wiederverwendung**

*Betriebssicherheit* und *Lebensdauer* wurden mit jeweils 71 % als die wichtigsten Aspekte für die Wiederverwendung genannt. Fast ebenso wichtig ist laut den Teilnehmenden der *Stand der Technik* (66 %). Lediglich 18 % der Teilnehmenden geben die *Optik* als wichtigen Aspekt für die Wiederverwendung an.

Abbildung 22: Wichtigste Aspekte für die Wiederverwendung von Produkten der Branchen der Teilnehmenden

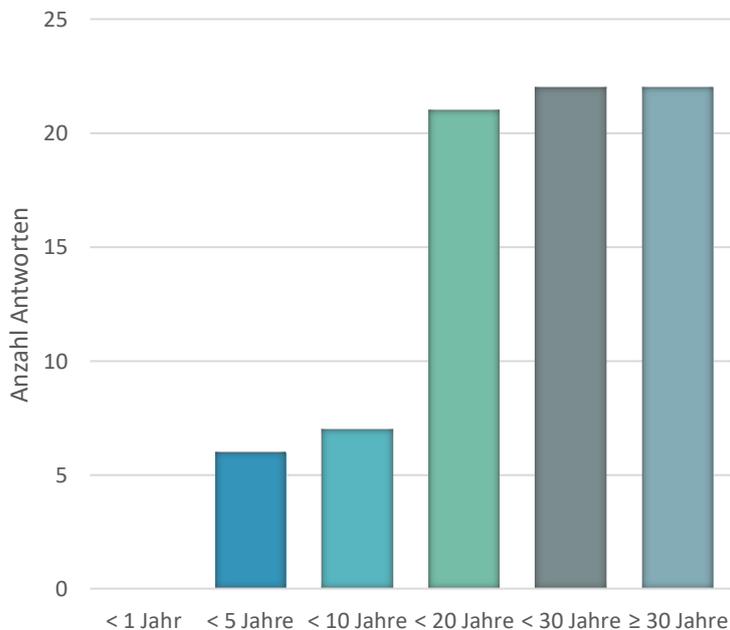
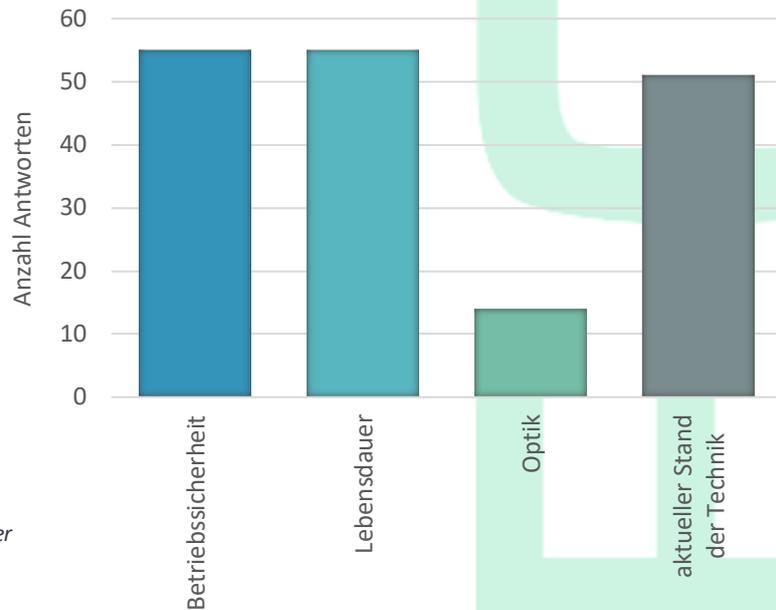


Abbildung 23: Einschätzung der durchschnittlichen Lebensdauer der von den befragten Unternehmen hergestellten Produkte

Um die Einschätzung der Lebensdauer der von den befragten Unternehmen hergestellten Produkte wurde in Frage 39 gebeten ( $n = 78$ ). Es wurden sechs Kategorien vorgegeben (Abbildung 23).

Die geschätzte durchschnittliche Lebensdauer wurde von insgesamt 83 % der Befragten mit über 10 Jahren angegeben. Dabei wurden die Kategorien < 20 Jahre (27 %), < 30 Jahre (28 %) und  $\geq 30$  Jahre (28 %) nahezu gleich häufig gewählt. Unternehmen, deren Produkte eine Lebensdauer von unter einem Jahr aufweisen, waren nicht vertreten.

Abschließend wurde erfragt, ob in den Unternehmen der Teilnehmenden bereits eine externe Beratung hinsichtlich der Themen *Recyclinggerechte Konstruktion* oder *Ressourceneffizienz* in Anspruch genommen wurde. Dies war bei 89 % bisher noch nicht der Fall ( $n = 76$ ).

## 3 Diskussion & Fazit

Zunächst soll die eingangs gestellte Frage aufgegriffen werden: *Wie weit ist die Industrie mit der Umsetzung von D4X sowie der Demontage heute?* Nach der qualitativen Auswertung der Umfrageergebnisse zeigt sich kein eindeutiges Bild. Tendenziell waren im Teilnehmendenfeld eher kleinere Unternehmen vertreten. Eine Mehrheit stellt Endprodukte her. Unternehmen des Anlagenbaus sind in der Umfrage stark vertreten. Die Teilnehmenden schätzen ihre Unternehmen eher umweltbewusst sowie ressourceneffizient sowohl hinsichtlich Energie als auch Materialien ein. Auch sind tendenziell häufiger Managementsysteme für Ideen und Umwelt vorhanden, jedoch fehlen häufig Nachhaltigkeitsmanagementsysteme. Insgesamt lässt sich auf eine eher positive ökologische Selbsteinschätzung schließen.

*Recyclinggerechter Konstruktion* wird tendenziell eher eine geringe Wichtigkeit zugesprochen, allerdings kann recyclinggerechte Konstruktion in der Einschätzung der Teilnehmenden tendenziell einen Einfluss auf langfristige ökonomische Ziele nehmen. Warum recyclinggerechte Konstruktion vor diesem Hintergrund noch nicht weitläufiger etabliert ist, lässt sich hier nicht abschließend klären. Insbesondere da die Mehrheit der Teilnehmenden äußert, dass noch eine signifikante Nachfrage nach älteren Produktgenerationen ihrer Unternehmen besteht und auch eine Mehrheit äußert, dass gebrauchte Produkte wiederaufbereitet werden, könnte die Anwendung recyclinggerechter Konstruktion einen Mehrwert für die Unternehmen generieren. Die Teilnehmenden äußern als mögliche Gründe für die fehlende Wiederaufbereitung von Produkten häufig hohe Kosten für die Umsetzung sowie eine hohe Lebensdauer ihrer Produkte. Die hohen Kosten stehen allerdings in konträrer Meinung zu dem geschätzten hohen Einfluss auf langfristige ökonomische Ziele. Neben dem geschätzten eher hohen Mehraufwand für die Umsetzung recyclinggerechter Konstruktion könnte gegebenenfalls auch die unternehmerische Fokussierung auf einen schnellen Return on Investment der Hintergrund für die beschriebene Dissoziation sein, was bei dem hohen Anteil kleinerer Unternehmen eher atypisch erscheint. Eine große Mehrheit der Teilnehmenden gibt an, dass die Vermarktung wiederaufbereiteter Produkte die Innovationskraft des Unternehmens nicht hemmen würde – dies ist also auch keine Erklärung. Eine knappe Mehrheit der Teilnehmenden kann sich jedoch vorstellen, dass recyclinggerechte Konstruktion in Zukunft eine höhere Bedeutung im Unternehmen erfährt.

Hinsichtlich des stofflichen Recyclings scheint eine große Mehrheit der teilnehmenden Unternehmen gute Kenntnisse über die Materialzusammensetzung sämtlicher verbauter Komponenten zu haben. Weiterhin schätzen die Teilnehmenden die Materialverfügbarkeit für die von ihnen genutzten Komponenten als eher nicht gefährdet ein. Auch äußert eine Mehrheit, dass in der Vergangenheit noch keine Knappheit der benötigten Materialien aufgetreten ist. Möglicherweise würden die Unternehmen zum Zeitpunkt der Auswertung (Herbst 2021) in Hinblick auf die akute Chip-Krise eine andere Einschätzung treffen als zum Zeitpunkt der Erhebung im Frühjahr 2021. Es lässt sich kein definierter Zeitpunkt feststellen, zu dem Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz gehäuft umgesetzt wurden. Die Kenntnis über die Vorgehensweisen und Herausforderungen beim Recyceln der Produkte der Unternehmen ist bei diesen vorhanden. Ein Informationsmangel scheint daher nicht der weiteren Steigerung der Materialeffizienz im Wege zu stehen.

Die Unternehmen, welche im Konstruktionsprozess bereits Rücksicht auf das Recycling am EoL nehmen, versuchen dies durch eine leichtere Demontierbarkeit der Produkte sowie die Reduzierung der Anzahl unterschiedlicher Materialien. Jedoch äußern auch knapp 40 % der Teilnehmenden, dass das Recycling im Konstruktionsprozess bisher noch keine Beachtung findet. Besondere Herausforderungen sind dabei technischer Natur, wie z.B. die Erhaltung der zu garantierenden Funktionalität der Produkte.

Durch automatisierte Demontage können nachgeschaltete Recyclingverfahren nach Meinung der Teilnehmenden potentiell effizienter gestaltet werden. Das Teilnehmendenfeld zeigt jedoch keine eindeutige Meinung, inwiefern recyclinggerechte Konstruktion zu einer leichteren Automatisierbarkeit der Demontage führen kann. Auch beim erforderlichen Mehraufwand hierfür lässt sich keine allgemeine Position feststellen. Die Probleme bei der Steigerung der Demontierbarkeit lassen sich laut den Teilnehmenden am häufigsten auf Sicherheits- und Qualitätsanforderungen sowie Kostenaspekte zurückführen. Erneut stellt sich die Frage, warum im Teilnehmendenfeld eine Dissoziation zu erkennen ist, da Kostenaspekte potentiell durch frühzeitiges Einbeziehen tendenziell eliminiert werden könnten. Die Automatisierung der Demontage wird auf der anderen Seite laut den Teilnehmenden durch zu geringe Stückzahlen, zu hohe technische Komplexität sowie unbekannte Zustände der Produkte erschwert. Vor dem Hintergrund des vergleichsweise hohen Anteils von Anlagenbauern im Teilnehmendenfeld sind die Begründungen nachvollziehbar.

Insgesamt stellen die dargestellten Inhalte nur einen Anteil der Informationen dar, die aus den Antworten auf die durchgeführte Umfrage gewonnen werden können. Die Datensätze beinhalten darüberhinausgehende Informationen, die beispielsweise durch Korrelation der Antwortprofile erhalten werden können. Eine tiefgreifende Analyse und Bewertung wird daher im Rahmen zukünftiger Forschungsarbeiten durchgeführt werden.

Trotz der recht positiven Selbsteinschätzung der Unternehmen bietet sich in vielen Bereichen noch Potential zur Verbesserung der Recyclingfähigkeit von Produkten. Dabei gilt es, frühzeitig das EoL der Produkte zu planen und dabei sowohl das stoffliche Recycling als auch priorisiert eine Wiederverwendung von Komponenten zu berücksichtigen wie im Kreislaufwirtschaftsgesetz mit der Abfallhierarchie definiert. Die deutsche Industrie hat schon die ersten Schritte in der Umsetzung von D4X getan, jedoch sind die vermuteten Potentiale noch nicht vollständig ausgereizt. Vielmehr deuten die Umfrageergebnisse auf eine Phase des Umbruchs hin, in der die Erkenntnis der Vorteilhaftigkeit von D4X bereits weitläufig vorhanden ist, die industrielle Umsetzung jedoch noch aussteht. Die Thematik D4X ist topaktuell und kann einen wesentlichen Anteil zur zeitnahen Realisierung einer Circular Economy beisteuern, in der eine erweiterte Produktverantwortung berücksichtigt wird. Damit Deutschland und auch Europa langfristig ihre Wettbewerbsfähigkeit beibehalten, sollten die diesbezüglichen Anstrengungen weiter verstärkt werden, sodass eine auf mehreren Ebenen nachhaltige Zukunft Gestalt annimmt.



# Recyclinggerechte Konstruktion & Demontage



M. Sc. Florian Hansen  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter am CUTEC



Dipl. Biol. Jan H. Seelig, M. Eng.  
Leiter der Arbeitsgruppe  
Stoffströme am CUTEC

Technische Universität Clausthal  
CUTEC Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum  
Abteilung Ressourcentechnik & -systeme

Leibnizstraße 23  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Deutschland

Telefon: 05323 72-6124  
Fax: 05323 72-6100

Internet: [www.cutec.de](http://www.cutec.de)

Email: [florian.hansen@cutec.de](mailto:florian.hansen@cutec.de)  
[jan.seelig@cutec.de](mailto:jan.seelig@cutec.de)

## 4 Anhang

### Übersicht über den Aufbau der Online-Umfrage

#### Allgemeine Fragen:

Frage 1: In welcher Branche bewegt sich das Kerngeschäft Ihres Unternehmens?

Mögliche Antworten:

Agrartechnik	Kunststoff- und Gummitechnik
Anlagenbau	Maschinenbau
Antriebstechnik	Mess-, Prüf- und Regeltechnik
Armaturen, Pumpen, Verdichter	Metallbearbeitungsmaschinen
Baumaschinen und Baustoffanlagen	Metallurgie
Bergbaumaschinen	Motorenbau
Dienstleistungen	Nahrungsmittelmaschinen
Elektrik/Elektronik/Multimedia	Präzisionswerkzeuge
Elektrische Automation	Robotik und Automation
Energieerzeugung	Textil
Fahrwerkstechnik	Thermoprozesstechnik
Heizung, Klima, Lüftung	Verfahrenstechnik
Keramik- und Glasindustrie	Verpackungsmaschinen
Konstruktion/Design	Werkzeugmaschinen
Kraftfahrzeugbau	

Frage 2: Was produziert Ihr Unternehmen?

Mögliche Antworten:

- Bauteile
- Baugruppen
- Endprodukte
- Dienstleistungen
- Andere (Textfeld)



### Spezifische Fragen:

Frage 8: Kannten Sie den Begriff *recyclinggerechte Konstruktion* vor dieser Umfrage?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 9: Was verstehen Sie unter *recyclinggerechter Konstruktion*?

Freitextantwort

Frage 10: Welche Rolle spielt *recyclinggerechte Konstruktion* in Ihrem Unternehmen?

Freitextantwort

Frage 11: Bewerten Sie allgemein den Einfluss *recyclinggerechter Konstruktion* im Produktentstehungsprozess auf langfristige ökonomische Ziele

Antwort per Schieberegler (1–100)

### Materialien und Recycling:

Frage 12: Welche Eigenschaften Ihrer Produkte unterliegen einem schnellen Wandel?

Freitextantwort

Frage 13: Besteht noch eine signifikante Nachfrage nach älteren Generationen Ihrer Produkte, sobald sie eine innovativere Produktserie auf den Markt bringen?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 14: Wäre die Vermarktung der reinen Leistung Ihrer Produkte/ Maschinen/ Anlagen anstatt des Verkaufs ein denkbares Geschäftsmodell?

Mögliche Antworten:

Wird bereits angeboten

Ist in Planung

Wird nicht geplant

Konkurrenz setzt es bereits um

Frage 15: Werden in Ihrem Unternehmen gebrauchte Produkte wieder aufbereitet?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 16: Warum werden gebrauchte Produkte nicht wieder aufbereitet?

Freitextantwort

Frage 17: Würden Sie sagen, dass eine Wiederaufbereitung Ihrer Produkte einen höheren Anteil manueller Arbeit erfordert/ erfordern würde, als die Neuproduktion?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 18: Wie schätzen Sie die Bereitschaft Ihrer Kunden ein, wiederaufbereitete Produkte/ Ersatzteile zu beziehen?

Antwort per Schieberegler (1–100)

Frage 19: Würden Sie sagen, dass die Vermarktung gebrauchter Produkte die Innovationskraft Ihres Unternehmens hemmen könnte?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 20: Wem ist die Materialzusammensetzung sämtlicher Komponenten Ihrer Produkte bekannt?

Mögliche Antworten:

- Unseren Zulieferern
- Unserem Unternehmen
- Unseren Kunden

Frage 21: Wie stark schätzen Sie die Gefährdung der Verfügbarkeit von Ihnen verwendeter Rohstoffe in Zukunft ein?

Antwort per Schieberegler (1–100)

Frage 22: Trat in der Vergangenheit bereits eine Knappheit eines von Ihnen benötigten Rohstoffes auf, die Ihr Unternehmen beeinflusst hat?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 23: Wie hoch ist Ihre Abhängigkeit von Zulieferern und/ oder Auftraggebern, sodass Produktmodifikationen schwerer umgesetzt werden können?

Antwort per Schieberegler (1–100)

Frage 24: Seit wann werden in Ihrem Unternehmen Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz im Bereich Produktgestaltung/-design oder Konstruktion durchgeführt?

Mögliche Antworten:

- weniger als 1 Jahr
- weniger als 5 Jahre
- weniger als 10 Jahre
- weniger als 20 Jahre
- weniger als 30 Jahre
- 30 Jahre oder länger

Frage 25: Sind Ihnen die Vorgehensweisen und Herausforderungen beim Recycling Ihrer Produkte bekannt?

Mögliche Antworten:

ja

nein

### Konstruktion und Demontage:

Frage 26: In welcher Form wird im Konstruktionsprozess Rücksicht auf das Recycling am End-of-Life genommen?

Mögliche Antworten:

Leichtere Demontierbarkeit

Verzicht auf Compounds

Fokus bei besonders recyclingfähigen Materialien

Geringe Anzahl verschiedener Materialien

Bislang noch nicht

Andere (Textfeld)

Frage 27: Was sind hierbei die besonderen Herausforderungen?

Freitextantwort

Frage 28: Vor welchem Hintergrund werden in Ihrem Unternehmen Ansätze der recyclinggerechten Konstruktion in der Produktentwicklung verfolgt?

Mögliche Antworten:

Gesetzgebung

Konkurrenzfähigkeit

Erschließung von Fördermöglichkeiten

Andere (Textfeld)

Frage 29: Schätzen Sie bitte den erforderlichen Mehraufwand für recyclinggerechte Konstruktion ein:

Antwort per Schieberegler (1–100)

Frage 30: Können Sie sich vorstellen, dass recyclinggerechte Konstruktion in Zukunft eine stärkere Bedeutung in Ihrem Unternehmen erfährt?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 31: Bitte bewerten Sie folgende Aussage: „Das frühzeitige Einbeziehen recyclinggerechter Konstruktion führt zu einer leichteren Automatisierbarkeit der Demontage unserer Produkte.“

Antwort per Schieberegler (1–100)

Frage 32: Was hindert Sie daran, die Demontierbarkeit Ihrer Produkte weiter zu steigern?

Mögliche Antworten:

Kundenwünsche/-akzeptanz, die den Maßnahmen entgegenstehen

Mangelnde Bereitschaft in der Produktion zur Veränderung bestehender Prozesse

Konflikte zu politischen oder gesetzlichen Vorgaben

Andere (Textfeld)

Frage 33: Schätzen Sie bitte den erforderlichen Mehraufwand für eine demontagegerechte Konstruktion ein:

Antwort per Schieberegler (1–100)

Frage 34: Was wären Ihrer Meinung nach die größten Herausforderungen bei der Realisierung einer vollständig automatisierten Demontage Ihrer Produkte?

Mögliche Antworten:

Untrennbare Verbindungen

Große Dimension der Produkte (bspw. Großanlagen)

Zu hohe technische Komplexität

Fehlende Datenbasis für Demontage (bspw. CAD-Daten)

Zu geringe Stückzahlen

Unbekannter Zustand

Andere (Textfeld)

Frage 35: Ist eine Wiederverwendung von (Teil-)Komponenten Ihrer hergestellten Produkte realisierbar?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 36: Warum nicht?

Freitextantwort

Frage 37: Bieten Sie wiederaufbereitete Bauteile/ Maschinen/ Anlagen in Ihrem Portfolio an?

Mögliche Antworten:

ja

nein

Frage 38: Welche Aspekte sind Ihrer Meinung nach am wichtigsten, wenn ein Produkt Ihrer Branche wiederverwendet werden soll?

Mögliche Antworten:

Betriebssicherheit

Lebensdauer

Optik

Aktueller Stand der Technik

Andere (Textfeld)

Frage 39: Bitte schätzen Sie die durchschnittliche Lebensdauer Ihrer Produkte ein:

Mögliche Antworten:

weniger als 1 Jahr

weniger als 5 Jahre

weniger als 10 Jahre

weniger als 20 Jahre

weniger als 30 Jahre

30 Jahre oder länger

Frage 40: Wurde in Ihrem Unternehmen bereits externe Beratung in Anspruch genommen hinsichtlich den Themen Recyclinggerechte Konstruktion oder Ressourceneffizienz?

Mögliche Antworten:

ja

nein